
Aus der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. med. D. Kohn

**Die Korrelation von Body-Mass-Index und Kosten in der
Knieendoprothetik**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

**der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2016**

vorgelegt von: Manuela Käfer, geb. Olk
geb. am: 18.11.1978 in Trier

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Einleitung.....	7
2.1	Grundlagen und Fragestellung	7
2.2	Was ist der Body-Mass-Index (BMI)?	10
2.3	Definition und Einteilung der Adipositas nach dem Body-Mass-Index.....	10
2.4	Das DRG-System.....	11
2.4.1	Hintergrund der Einführung des DRG-Systemes in Deutschland.....	11
2.4.2	Geschichte der DRGs	13
2.4.3	Die deutschen DRGs (G-DRG)	14
2.4.4	Relevante Diagnosen, Prozeduren und DRGs.....	15
2.5	Das Kniegelenk	18
2.6	Gonarthrose	19
2.6.1	Definition der Arthrose	19
2.6.2	Risikofaktoren für die Entstehung einer Gonarthrose	19
2.6.3	Klinik der Gonarthrose	20
2.6.4	Stadien der Gonarthrose.....	20
2.6.5	Therapie der Gonarthrose.....	20
2.7	Knieendoprothesen	22
2.8	Vorgehensweise bei der Implantation von Knieendoprothesen.....	23
2.9	Verwendete Prothesentypen	24
2.9.1	Das Triathlon®- Kniesystem von Stryker	24
2.9.2	Das Knieprothesensystem Interax® von Stryker	24
2.9.3	Das unikompartmentale Kniesystem Miller-Galante II® von Zimmer	25
2.9.4	GSB-Achsknie von Zimmer.....	25
2.10	Nachbehandlung	26
3	Patienten und Methoden.....	27
3.1	Studiendesign	27
3.2	Patientenkollektiv	27
3.3	Datenerhebung	28
3.4	Grundlagen zur durchgeführten statistischen Analyse und angewandte Tests ...	30
4	Ergebnisse.....	33
4.1	Beschreibung des Patientenkollektivs	33
4.2	DRG-Erlös in Abhängigkeit vom BMI	37

4.3	Abhängigkeit von BMI und Alter	39
4.4	Die Abhängigkeit von OP-Dauer und BMI bzw. OP-Dauer und Alter	40
4.5	Zusammenhang zwischen Anästhesie-Zeit und BMI bzw. Alter	41
4.6	Blutkonservenverbrauch in Abhängigkeit von BMI und Lebensalter	42
4.7	Auftreten einer Thrombose in Abhängigkeit von BMI und Alter	45
4.8	Zusammenhang zwischen Auftreten eines Herzereignisses und BMI bzw. Alter	47
4.9	Begünstigung von Wundheilungsstörungen in Abhängigkeit von BMI und Alter	48
4.10	Auftreten von Diabetes mellitus in Abhängigkeit von BMI und Lebensalter	49
4.11	Verweildauer in Abhängigkeit von BMI und Lebensalter	51
4.12	Anzahl der Comorbiditäten in Abhängigkeit von BMI und Alter	53
4.13	ASA-Wert im Zusammenhang mit BMI und Lebensalter:	55
4.14	Anzahl der Konsile in Abhängigkeit von BMI und Alter	56
4.15	Verwendete Prothesentypen in Abhängigkeit vom BMI	57
5	Diskussion	59
5.1	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	59
5.2	Kritische Betrachtung der Ergebnisse, Stärken und Schwächen der Studie	60
5.3	Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur	65
5.4	Schlussfolgerung	70
6	Literaturverzeichnis	71
7	Publikationen/Dank	79
8	Lebenslauf	81
9	Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Adipositas nach dem Body-Mass-Index	11
Tabelle 2: Stadien der Gonarthrose nach Kellgren und Lawrence	20
Tabelle 3: Übersicht über die erhobenen Laborwerte	33
Tabelle 4: Übersicht über die Diagnosen nach ICD-10	35
Tabelle 5: Übersicht über die Prozeduren nach OPS-301	36
Tabelle 6: Übersicht über den verwendeten Prothesentyp	37
Tabelle 7: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: BMI/DRG-Erlös	37
Tabelle 8: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient für BMI vs. DRG-Erlös nach Geschlechtern getrennt ..	38
Tabelle 9: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient für Korrelation zwischen BMI und Lebensalter	39
Tabelle 10: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient getrennt nach Geschlecht; Zusammenhang zw. BMI und Alter	39
Tabelle 11: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Zusammenhang zw. OP-Dauer und Alter bzw. BMI .	41
Tabelle 12: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Anästhesie-Zeit vs. BMI und Alter.....	42
Tabelle 13: Übersicht: Verbrauch von Blutkonserven	42
Tabelle 14: Zusammenhang zwischen benötigten EKs und Alter	44
Tabelle 15: Zusammenhang zwischen benötigten EKs und BMI.....	44
Tabelle 16: Übersicht: Verbrauch von Thrombozytenkonzentraten (TK)	44
Tabelle 17: Übersicht: Verbrauch von Fresh Frozen Plasma (FFP)	45
Tabelle 18: Mittlerer BMI bei Patienten mit V.a. Thrombose.....	46
Tabelle 19: t-Test: Zusammenhang von BMI bzw. Alter für das Auftreten einer Thrombose	46
Tabelle 20: Mittlerer BMI bei Eintritt Herzereignis	47
Tabelle 21: t-Test: Zusammenhang von BMI bzw. Alter für das Auftreten eines Herzereignisses	48
Tabelle 22: Mittleres Alter und mittlerer BMI bei Patienten mit Diabetes mellitus.....	49
Tabelle 23: t-Test: Zusammenhang von BMI bzw. Alter bei Diabetes mellitus	50
Tabelle 24: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Einfluss von BMI und Alter auf die Verweildauer	52
Tabelle 25: Übersicht: Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation	52
Tabelle 26: Übersicht: Aufenthaltsdauer auf der orthopädischen Wachstation O-06	53
Tabelle 27: Einfluss des BMI auf die Anzahl der Comorbiditäten	54
Tabelle 28: Einfluss des Alters auf die Anzahl der Comorbiditäten	54
Tabelle 29: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: BMI bzw. Alter vs. Anzahl der Comorbiditäten	55
Tabelle 30: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: BMI bzw. Alter vs. ASA-Wert	56
Tabelle 31: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Zusammenhang zw. Alter bzw. BMI und Anzahl der Konsilen	57
Tabelle 32: Varianzanalyse	58
Tabelle 33: Post-Hoc-Testung: Scheffé-Prozedur für Prothesentypen in Abhängigkeit vom BMI	58

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gestapeltes Balkendiagramm: BMI-Gruppen	34
Abb. 2: Streudiagramm: DRG-Erlös/BMI	38
Abb. 3: Streudiagramm: DRG-Erlös/BMI/m-w	38
Abb. 4: Streudiagramm: BMI/Alter	40
Abb. 5: Streudiagramm: OP-Dauer/Alter	40
Abb. 6: Streudiagramm: OP-Dauer/BMI	40
Abb. 7: Streudiagramm: Zusammenhang zwischen Anästhesie-Zeit und BMI	41
Abb. 8: Streudiagramm: Zusammenhang zwischen Anästhesie-Zeit und Alter	41
Abb. 9: Boxplot: BMI/ Verbrauch EKs	43
Abb. 10: Boxplot: Alter/Verbrauch EKs	43
Abb. 11: Boxplot: BMI bei V.a.Thrombose	45
Abb. 12: Boxplot: Alter bei V.a.Thrombose	45
Abb. 13: Boxplot: BMI bei Eintritt Herzereignis	47
Abb. 14: Boxplot: Alter bei Eintritt Herzereignis	47
Abb. 15: Boxplot: BMI bei Eintritt Wundheilungsstörungen.....	49
Abb. 16: Boxplot: Alter bei Eintritt Wundheilungsstörungen.....	49
Abb. 17: Boxplot: BMI bei Patienten mit DM	50
Abb. 18: Boxplot: Alter bei Patienten mit DM	50
Abb. 19: Streudiagramm: Verweildauer/BMI	51
Abb. 20: Streudiagramm: Verweildauer/Alter	51
Abb. 21: Streudiagramm: Einfluss des BMI auf die Anzahl der Comorbiditäten	53
Abb. 22: Streudiagramm: Einfluss des Alters auf die Anzahl der Comorbiditäten	53
Abb. 23: Streudiagramm: ASA-Wert/BMI	55
Abb. 24: Streudiagramm: ASA-Wert/Alter	55
Abb. 25: Streudiagramm: Anzahl Konsile/BMI	57
Abb. 26: Streudiagramm:Anzahl Konsile/Alter	57
Abb. 27: Boxplot: Prothesentypen vs. BMI	58

1 Zusammenfassung

Hintergrund: Die stetige Zunahme von Übergewicht und Adipositas einerseits und der steigende Bedarf an endoprothetischer Behandlung der Kniegelenksarthrose andererseits stellen sowohl für die Gesellschaft im Allgemeinen, als auch für das Gesundheitssystem im Besonderen einen bedeutenden Kostenfaktor dar. Zudem hat das zum 01. Januar 2004 verpflichtend in Deutschland eingeführte Diagnosis-Related-Group-Abrechnungssystem („DRG-System“) besonders auf der Krankenhausseite zu einer großen Verunsicherung geführt. Man befürchtete, dass die therapeutischen und diagnostischen Maßnahmen nicht sachgerecht abgebildet und vergütet würden. Seit Einführung der Diagnosis-Related-Groups konnte mithilfe von Studien gezeigt werden, dass ein primärer Kniegelenkserersatz nicht immer kostendeckend ist, insbesondere, wenn aufwendige und zeitraubende Folgeeingriffe erforderlich werden, was bei adipösen Patienten häufiger der Fall ist. Gegenwärtig können weder die Adipositas noch der Body-Mass-Index („BMI“) Diagnosis-Related-Group-relevant verschlüsselt werden.

Fragestellung dieser Arbeit war daher, ob ein von der Norm abweichender Body-Mass-Index beim Kniegelenkserersatz mit vermehrtem Ressourcenverbrauch, resultierenden erhöhten Kosten und schließlich finanziellen Nachteilen für die Krankenhäuser und daraus womöglich resultierenden Einschränkungen in der Patientenversorgung verbunden ist.

Patienten und Methoden: Das gewählte Studiendesign entspricht einer retrospektiven Kohortenstudie über insgesamt 607 Patienten, die im Zeitraum von Januar 2004 bis Juli 2007 eine primäre Knieendoprothesenimplantation der Orthopädischen Klinik am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg erhielten. Von den 607 ursprünglich erhobenen Fällen mussten 96 aufgrund unvollständiger Daten vor der definitiven statistischen Auswertung aus der Studie ausgeschlossen werden. Zunächst erfolgte die Erhebung der Patientendaten mithilfe des Krankenhausinformationssystems, der Patientenakten und der Blutbank. Anschließend fand die statistische Auswertung der Daten statt: Darstellung der Lagemaße mithilfe der deskriptiven Statistik und Berechnung der Standardabweichungen; Vergleich der Mittelwerte zweier Stichproben für BMI und Alter bezüglich des Auftretens einer Thrombose, eines Herzereignisses, Wundheilungsstörung und dem Vorliegen eines Diabetes mellitus. Schließlich wurden die Daten auf Zusammenhänge zwischen Body-Mass-Index bzw. Alter und ausgewählten Variablen, die den Ressourcenverbrauch abbilden, wie beispielsweise

OP-Dauer, Komplikationen, Begleiterkrankungen und Einsatz von Blutprodukten, geprüft.

Ergebnisse: Das Durchschnittsalter der Patienten, die sich einem Kniegelenkersatz unterzogen, lag bei 69 Jahren (+/- 8,8 Jahren). Im Mittel betrug der Krankenhausaufenthalt 14,67 Tage. Der Median für den Body-Mass-Index bei den weiblichen Patienten lag bei ca. 30,5 kg/m² im Vergleich zum Medianwert der Männer von ca. 29 kg/m². Ein höherer Body-Mass-Index war signifikant assoziiert mit einer längeren Anästhesie-Zeit, ($p = 0,047$), einem gehäuftem Auftreten von Herzereignissen ($p = 0,012$) und Diabetes mellitus ($p = 0,004$), mit vermehrten Begleiterkrankungen ($p=0,013$), höheren ASA-Werten ($p = 0,001$) und mehr benötigten Konsilen ($p=0,027$). Es zeigte sich, dass ein höherer Body-Mass-Index der Gesamtpopulation mit einem höheren Diagnosis-Related-Group-Erlös einherging ($p = 0,051$). Getrennt nach Geschlecht ergab sich für die männlichen Patienten keine signifikante Korrelation zwischen Diagnosis-Related-Group-Erlös und Body-Mass-Index, für die Frauen war der Spearman-Test mit einem p-Wert von 0,002 hoch signifikant.

Ein niedrigerer Body-Mass-Index war signifikant assoziiert mit einem erhöhten Bedarf an Erythrozytenkonzentraten ($p = 0,001$). Bei der Betrachtung der Ergebnisse fiel auf, dass die Variablen stets nur schwach miteinander korrelierten. Keine signifikanten Zusammenhänge fanden sich zwischen Body-Mass-Index und der Operationsdauer, dem Erleiden einer tiefen Venenthrombose oder einer Wundheilungsstörung, sowie der Verweildauer und den verwendeten Prothesentypen.

Schlussfolgerungen: Der in den vorliegenden Ergebnissen mit höherem Body-Mass-Index assoziierte höhere Diagnosis-Related-Group-Erlös ist am ehesten durch die mit höherem Body-Mass-Index vermehrt einhergehenden Comorbiditäten zu erklären. Auch wenn der Body-Mass-Index alleinig nicht kodiert werden kann und die Adipositas beim Gruppieren keinen zusätzlichen Erlös erbringt, ist jedoch indirekt über das Kodieren der Comorbiditäten ein Mehrerlös zu erzielen, um den durch Diagnostik und Therapie der Begleiterkrankungen bedingten gesteigerten Ressourcenverbrauch theoretisch auszugleichen. Ob übergewichtige bzw. adipöse Patienten nun tatsächlich mehr Ressourcen verbrauchen und einem erhöhten Risiko von Komplikationen und unerwünschten Ereignissen ausgesetzt sind, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht mit Sicherheit entschieden werden; auch die aktuelle Literatur bleibt dahin gehend ohne Konsens. Unter der Voraussetzung, dass die durch Comorbiditäten erzielten Mehrerlöse den erhöhten Ressourcenverbrauch auch tatsächlich ausgleichen, ist es im

wirtschaftlichen Sinne für die Kliniken jedoch unproblematisch, übergewichtige Patienten mit Knieendoprothesen zu versorgen, sofern der korrekten und gewissenhaften Kodierung von Diagnosen und Prozeduren genügend Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Summary

Association of costs in total knee arthroplasty with patients body-mass-index

Background: Steady increase of overweight and obesity on one hand and increasing need of arthroplasty as state-of-the-art therapy of osteoarthritis of the knee on the other hand are large cost factors for society and particularly for the health system. Since introduction of the German diagnosis-related-group payment system (DRG) on January 1st, 2004, hospitals assumed therapeutic and diagnostic interventions not to be reimbursed adequately any longer. Indeed, for introduction of the German DRG system several studies already demonstrated that if complex and time-consuming surgical re-interventions are required, primary total knee arthroplasty cannot be cost-effective. Surgical re-intervention is more often needed for obese patients. Currently neither obesity nor body-mass-index can be encoded in the German diagnosis-related-group system scoring a higher payment. Therefore the scope of this study was to identify whether patients with a deviant body-mass-index undergoing total knee arthroplasty cause higher consumption of resources, higher total costs, disprofit for hospitals and finally limitations concerning medical care.

Patients and Methods: In this retrospective cohort analysis data were collected from 607 patients undergoing primary total knee arthroplasty in the department of orthopaedic surgery at Saarland University Medical Center during January 2004 to July 2007. Prior to statistical analysis 96 patients had to be excluded because of incomplete data sets. Data were collected by screening the hospital's medical information system, patient's files and the blood preservation department data bank. Statistical analysis included descriptive statistics such as measures of location and standard deviation; arithmetic means were compared for body-mass-index and age with incidence of thrombosis, cardiac problems, disorders of wound healing and diabetes mellitus. Finally, data were analyzed for correlations between body-mass-index and age, respectively, as well as selected variables showing resource consumption such as duration of surgery, complications, comorbidities and usage of blood products.

Results: Mean age of patients undergoing total knee replacement was 69 years (+/- 8,8 years). Mean length of hospitalization was 14,67 days. Median body-mass-index of female patients was about 30,5 kg/m² compared to median body-mass-index of male patients about 29 kg/m². A higher body-mass-index was associated with prolonged anesthesia time ($p = 0,047$), higher incidence of cardiovascular events ($p = 0,012$) and diabetes mellitus ($p = 0,004$), as well as higher comorbidity rates ($p=0,013$), higher ASA-scores ($p = 0,001$) and more consultations needed ($p=0,027$). It could be shown that a higher body-mass-index resulted in higher diagnosis-related-group-proceeds ($p = 0,051$) considering the complete population. However, for males significant correlation could not be demonstrated, whereas for females Spearman-test showed a high significance ($p = 0,002$).

A lower body-mass-index was significantly associated with higher consumption of erythrocyte concentrates ($p = 0,001$). Considering these results it appeared that variables only had poor correlations. No significant correlations could be found between body-mass-index and duration of surgery, incidence of phlebothrombosis or disorders in wound healing, length of hospitalization and type of prosthesis.

Conclusion: The results showing higher diagnosis-related-group-proceeds associated with higher body-mass-indices are most probably due to higher rates of comorbidities resulting from the patients higher body-mass-indices. Although neither body-mass-index can be coded in the German diagnosis-related-group system nor obesity gains extra profits, balancing the higher consumption of resources due to their increased diagnostic and therapeutic interventions could be achieved by coding the occurring comorbidities to produce a profit. However, to date it cannot be decided definitely if overweight or obese patients actually lead to increased consume of resources or higher risks of complications and undesirable side-effects. Recent publications do not yet show any consensus. Nevertheless, assuming that extra profits gained by coding comorbidities would effectively compensate higher resource consumption, support of overweight patients with total knee replacement does not inflict a loss for hospitals if diagnoses and procedures are coded accurately and precisely.

2 Einleitung

2.1 Grundlagen und Fragestellung

Übergewicht und Adipositas haben in den letzten Jahren in vielen Ländern stetig zugenommen und stellen inzwischen einen bedeutenden Kostenfaktor für die Gesellschaft dar. (56;59;77;103)

Ergebnissen der „Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland“ (DEGS) zufolge sind 67,1 % der Männer und 53,0 % der Frauen übergewichtig und 23,3 % der Männer und 23,9 % der Frauen adipös. Im internationalen Vergleich ist die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas in Deutschland hoch. (68) In Europa ist innerhalb der letzten Jahrzehnte die Adipositas-Rate bei Männern von 4.0 % auf 28.3 % und bei Frauen von 6.2 % auf 36.5 % angestiegen und hat somit Ausmaße einer Epidemie erlangt. (9)

Wie eine amerikanische Studie zeigte, stehen die dem Gesundheitssystem durch Adipositas entstehenden Mehrkosten direkt mit dem Ausmaß des Übergewichtes in Zusammenhang. So ist ein BMI (Body Mass Index) von 35-40 gegenüber dem Normalgewicht mit einem Anstieg der Gesundheitsausgaben um 50 % assoziiert, während ein BMI von über 40 die Kosten sogar verdoppelt. Damit liegen die Adipositas-assoziierten Mehrkosten bei einem BMI > 40 etwa 100 % über den Kosten für Normalgewichtige. (5)

Gleichermaßen stellt die endoprothetische Behandlung der Kniegelenksarthrose eine große finanzielle Belastung dar; der Bedarf an Endoprothesen steigt seit langem. Aufgrund der durch Zunahme des Übergewichtes und steigender Lebenserwartung verursachten Veränderungen in der Gesellschaft wird der Bedarf auch weiterhin steigen. (11;17;62;64)

Das zum 01. Januar 2004 verpflichtend in Deutschland eingeführte DRG-Abrechnungssystem hat besonders auf der Krankenhausseite zu einer großen Verunsicherung geführt. Man befürchtete, dass die therapeutischen und diagnostischen Maßnahmen nicht sachgerecht abgebildet und vergütet würden. (86)

Die G-DRG-Version 1.0 ist mit nur geringfügigen Anpassungen an die deutsche Behandlungsrealität weitgehend identisch mit der australischen DRG-Version AR-DRG 4.1. Sie zeigt jedoch im Vergleich zur australischen Variante Relativgewichte mit einer geringeren Spreizung zwischen Fallpauschalen mit geringem und hohem Ressourcenverbrauch. (61;86)

Healy et al. beschreiben, dass in den USA bereits viele Krankenhäuser unter dem gegenwärtigen DRG-System Kniegelenkserersatz nicht mehr profitabel oder kostendeckend durchführen können. (54)

Auch Effenberger et al. kamen zu dem Ergebnis, dass ein primärer Kniegelenkserersatz nicht immer kostendeckend ist. Noch problematischer werde der Sachverhalt, wenn aufwendige und zeitraubende Folgeeingriffe erforderlich werden, etwa nach Protheseninfektionen. Mehrausgaben für Revisionsoperationen und komplexe Gelenkersatz-Eingriffe werden dieser Studie zufolge nicht adäquat gedeckt. (24)

Gerade adipöse Menschen leiden häufiger an Arthrosen und unterziehen sich somit auch vermehrt und frühzeitiger Implantationen von Gelenkendoprothesen. (7;13;17;18;35;46;65;93;106)

Adipöse Menschen benötigen desweiteren häufiger eine ambulante oder stationäre Versorgung im Krankenhaus, die mit einem höheren Ressourcenverbrauch und daraus resultierenden erhöhten Krankenhauskosten als bei Normalgewichtigen einhergeht. (32;63;102)

Die Liegezeiten im Rahmen eines Krankenhausaufenthaltes als wichtige Determinante der Krankenhauskosten sind bei hochgradig adipösen Patienten länger und somit die entstandenen Kosten höher. (26;52)

Patienten, die unter einem erhöhten BMI leiden, zeigen ein vermehrtes Auftreten von Comorbiditäten wie arterielle Hypertonie, Koronare Herzkrankheit oder Diabetes Mellitus. (20;59;90)

Adipöse Patienten erleiden auch häufiger perioperative Komplikationen wie beispielsweise tiefe Venenthrombosen, gastrointestinale oder urogenitale Infektionen, Herzereignisse oder pulmonale Komplikationen. (51;75;94)

Die Rate an postoperativen Wundinfektionen bei Patienten mit einem BMI von ≥ 35 ist erhöht. (78)

Insbesondere Patienten mit Adipositas permagna ($\text{BMI} \geq 40$) zeigen eine höhere Rate an perioperativen Komplikationen wie Wundheilungsstörungen und Infektionen. (89;108)

Weiterhin sind die postoperativen Ergebnisse bei adipösen Patienten schlechter.

So benötigen adipöse Menschen nach Implantation einer Knie-Endoprothese häufiger Revisionen und im Langzeitverlauf zeigen die Prothesen der Adipösen im Trend eine höhere aseptische Lockerungsrate. (1;33;34;45;111)

Vor diesem Hintergrund stellte sich daher die Frage, ob ein adipöses Patientenkollektiv für die Kliniken mit erhöhten Kosten verbunden ist, welche nicht entsprechend vergütet werden.

Die in dieser Arbeit gewählte Fokussierung auf Übergewicht und Adipositas im Bezug auf das DRG-System erfolgte, da in Deutschland zu diesem Zeitpunkt weder die Adipositas noch der BMI DRG-relevant, d. h. durch Mehrerlös gekennzeichnet, verschlüsselt werden können.

Lägen in der endoprothetischen Versorgung adipöser Patienten die Gesamtkosten über den Einnahmen, so hätte dies für die Krankenhäuser und die Patientenversorgung weitreichende Konsequenzen, da für die Kliniken eine kostendeckende Arbeit nicht möglich wäre. Somit könnte eine Selektion aus ökonomischen Gründen zu einem Anhäufen von „lukrativen“ Fällen und einem Abweisen von potentiell „nicht kostendeckenden“ Patientenfällen führen.

Dies wäre eine deutliche Benachteiligung einer bestimmten Patientengruppe mit weitreichenden ethischen und moralischen Folgen. Auch wenn es seitens der Kliniken nicht zu einer solchen Selektion käme, wären Kliniken mit einer Klientel, die stark vom Norm-BMI abweicht und mehr Ressourcen verbraucht als vergütet würden, im Wettbewerb klar benachteiligt.

Ziel dieser Arbeit war es daher herauszufinden, ob im Rahmen eines Kniegelenkersatzes ein von der Norm abweichender BMI mit vermehrtem Ressourcenverbrauch und folglich erhöhten Kosten für den stationären Aufenthalt verbunden ist.

2.2 Was ist der Body-Mass-Index (BMI)?

Der BMI ist ein Index von Körpergewicht (in kg) geteilt durch die Körperlänge (in m) zum Quadrat.

$$\text{BMI} = \text{kg/m}^2$$

Der BMI gilt als gesellschaftlich und klinisch akzeptiertes Maß der Adipositas. Als größenunabhängiges Maß für das Körpergewicht stellt er eine robuste indirekte Messgröße für das Körperfett dar. Ausnahmen für die Zuverlässigkeit des BMI als Maßeinheit für das Körperfett stellen sehr muskulöse Menschen, Menschen mit extremem Alter oder besonders große Menschen dar. (59)

Die BMI-Werte sind alters- und geschlechtsunabhängig und dienen der Einteilung des Körpergewichtes in Normalgewicht, Unter- und Übergewicht sowie Adipositas.

Der normale BMI liegt zwischen $18,5 \text{ kg/m}^2$ und $24,99 \text{ kg/m}^2$. Unterhalb von $18,5 \text{ kg/m}^2$ spricht man von Untergewicht, ab 25 kg/m^2 von Übergewicht (Präadipositas), ab 30 kg/m^2 von Adipositas Grad 1, ab 35 kg/m^2 von Grad 2 und größer 40 kg/m^2 von Grad 3. (107)

2.3 Definition und Einteilung der Adipositas nach dem Body-Mass-Index

Gemäß Definition liegt Adipositas vor, wenn der Anteil der Fettmasse am Körpergewicht bei Frauen 30% und bei Männern 20% übersteigt.

Man unterscheidet die primäre von der sekundären Adipositas. Während die sekundären Formen auf endokrinologische Erkrankungen wie Hypothyreose, M. Cushing oder zentral bedingte Störungen etwa im Rahmen eines Hirntumors zurückzuführen sind, ist die primäre Form meist durch Überernährung und mangelnde körperliche Aktivität bzw. durch psychische Faktoren (z. B. verändertes Essverhalten wie binge eating) bedingt. Auch genetische Faktoren, wie Mutationen im Melanocortin-Rezeptor (MC4R), die sich bei 5% der extrem Adipösen finden, können ursächlich für eine Adipositas sein.

Komplikationen der Adipositas liegen unter anderem in der Entstehung des metabolischen Syndroms, welches mit stammbetonter Adipositas, Dyslipoproteinämie, Hyperurikämie, essentieller Hypertonie und Glukosetoleranzstörungen bzw. Typ-II-Diabetes Mellitus einhergeht, wobei die Adipositas der Manifestationsfaktor für die

genannten Krankheiten ist. Auch gilt die Adipositas u. a. als Risikofaktor für Schlaganfälle und koronare Herzkrankheit, Cholezystolithiasis, EPH-Gestose sowie Beinvenenthrombosen, dem Schlafapnoe-Syndrom, bestimmten Krebserkrankungen wie dem Kolon-Karzinom und der Entstehung von Arthrosen der Knie- und Hüftgelenke sowie der Wirbelsäule. (55)

Tabelle 1: Einteilung der Adipositas nach dem Body-Mass-Index

Gewichtsklassifikation	BMI (kg/m²)
Normalgewicht	18,5–24,9
Übergewicht (Präadipositas)	25–29,9
Adipositas Grad I	30–34,9
Adipositas Grad II	35–39,9
Adipositas Grad III (A. permagna)	≥ 40

In Anlehnung an die Abbildung auf S. 599 zur Definition der Adipositas aus: Gerd Herold und Mitarbeiter, Innere Medizin 2005, Eine vorlesungsorientierte Darstellung.

2.4 Das DRG-System

2.4.1 Hintergrund der Einführung des DRG-Systemes in Deutschland

Vor Einführung des DRG-Systemes (Diagnosis Related Groups), einem Patientenklassifikations-System als in Deutschland gültigem Abrechnungssystem, wurde ein Krankenhausaufenthalt über tagesgleiche Pflegesätze (TGPS) abgerechnet. Hierbei wurde pro Tag, den ein Patient im Krankenhaus verbrachte, ein einheitlicher Geldbetrag vom Kostenträger an das Krankenhaus erstattet.

Das Problem hierbei war, dass meist gerade zu Beginn des stationären Aufenthaltes aufwendige und kostenintensive diagnostische und therapeutische Maßnahmen durchgeführt werden, die im weiteren Verlauf nur noch seltener benötigt werden. Somit waren zu Beginn des Krankenhausaufenthaltes die Kosten meist größer als der über die Pflegesätze erzielte Erlös, während zu einem späteren Zeitpunkt des Aufenthaltes der Erlös tendenziell über den entstandenen Kosten lag.

Ökonomisch sinnvoll wäre es demnach, wenn der sogenannte „Break-even-point“, also der Zeitpunkt, an dem die entstandenen Kosten mindestens gedeckt werden, wenigstens bis zum Zeitpunkt der Entlassung erreicht würde.

Im Falle einer späteren Entlassung und einer Konstellation, bei der die Fallerlöse höher als die Fallkosten lägen, würde das Krankenhaus sogar einen Überschuss erwirtschaften.

Das daraus resultierende Interesse der Krankenhäuser an längeren Verweildauern führte zu höheren gesamtwirtschaftlichen Kosten. Um diesen Effekt abzufangen, wurden stufenweise pauschalierte Entgelte eingeführt, wie beispielsweise die sogenannten Sonderentgelte mit der Bundespflegesatzverordnung 1986. Da in diesem Jahr eine Umstellung von retrospektiven zu prospektiven Pflegesätzen erfolgte und nunmehr Budgets ausgehandelt wurden, sollten mittels der Sonderentgelte unvorhergesehene und kostenintensive Mehrleistungen, die nicht Bestandteil des Budgets waren, zur Entlastung der Krankenhäuser, die dieses Risiko sonst alleine getragen hätten, abgefangen werden. (30)

1993 wurden dann Fallpauschalen eingeführt. Deutschlandweit sollten nun die allgemeinen Krankenhausleistungen pro Behandlungsfall einheitlich vergütet werden.

Somit hatte man sich mit Einführung der Fallpauschalen von der Bezahlung durch Pflegesätze abgewendet.

Schwierig an diesem Abrechnungsmodus war, dass er Komplikationen, Comorbiditäten und die Schwere eines Falles nicht berücksichtigte und somit als ungerecht empfunden wurde. Zudem war noch längst nicht das komplette Behandlungsspektrum in Fallpauschalen abgebildet. Um diese nötige, aber enorm ressourcenverbrauchende und langwierige Weiterentwicklung zu umgehen, fiel die politische Entscheidung, künftig ein bereits international existierendes Vergütungssystem für die deutsche Krankenhausfinanzierung zu verwenden. (29)

Mit dem Gesetz zur Reform der Gesetzlichen Krankenversicherung im Jahre 2000 (GKVRefG2000) legte man sich auf ein pauschaliertes Entgeltsystem fest. Die Gesetzesgrundlage hierfür findet sich im § 17b des Krankenhausfinanzierungsgesetzes (KHG). Das neue System sollte allgemeine voll- und teilstationäre Krankenhausleistungen vergüten und gleichzeitig durchgängig, leistungsorientiert und pauschalierend sein.

Fallgruppen und Bewertungsrelationen sollten bundeseinheitlich bestimmt sein, einzelne Punktwerte aber nach Regionen unterschiedlich festgelegt werden.

Komplexitäten und Comorbiditäten seien zu berücksichtigen. Somit war die Gesundheitsreform im Jahre 2000 der Schlüssel zur Einführung des DRG-Systems in Deutschland. (28)

2.4.2 Geschichte der DRGs

Der Vater der DRGs ist Prof. Fetter, der an der Yale-Universität die sogenannten Yale-DRGs zur Erfassung stationärer Patienten entwickelte. Ziel sollte hier nicht ein Vergütungs-, sondern ein Patientenklassifikationssystem sein, welches als Werkzeug der Messung, Evaluierung und Steuerung der Krankenhausbehandlung dienen sollte.

Ab Ende der 70er Jahre nutzten der Staat New Jersey und ab 1983 die Medicare-Versicherung in den USA bundesweit das System zur Vergütung medizinischer Leistungen (HCFA-DRG, Health Care Financing Administration). Das System wurde bei Patienten mit einem Lebensalter über 65 Jahren verwendet, die über das staatliche Medicare-Programm versichert waren.

Zielsetzung der Einführung einer DRG-basierten Vergütung war die langfristige Kostenreduktion.

Das DRG-System wurde im Laufe der Zeit überarbeitet und weiterentwickelt: 1989 wurden die refined DRGs (RDRG) vorgestellt - diese sollten die Unterscheidung von DRGs mit und ohne CC, d. h. mit und ohne Begleiterkrankungen und Komplikationen, vertiefen. Die Behandlungsfälle wurden künftig nach drei (medizinische Fälle) bzw. vier CC-Stufen (chirurgische Fälle) unterteilt.

Basis des deutschen DRG-Systems, dem G-DRG, ist das australische DRG-System.

Australien begann 1984 mit dessen Entwicklung. 1992 wurde die erste Version, AN-DRG (Australian National DRG), eingeführt. Eine Überarbeitung der Ursprungsversion führte zu den ab 1998 gültigen AR-DRGs (Australian Refined Diagnosis Related Groups). Deren Zielsetzung war eine Anpassung der DRGs an neue medizinische Technologien sowie an aktuelle Diagnose- und Prozedurenschlüssel.

Das australische System beruht auf einer ICD-10-Kodierung (International Statistical Classification of Diseases), die Klassifikation erfolgt in einem mehrstufigen Prozess.

Mittels der Patientendaten wird ein Fall einer Hauptdiagnosegruppe zugeordnet, die in Basis-DRGs unterteilt ist. Hier wiederum folgt eine Unterteilung in Einzel-DRGs, indem verschiedene Faktoren wie Comorbiditäten und Komplikationen, die eine höhere Inanspruchnahme der Klinikressourcen bedeuten, zugeordnet werden. Je nach Fachabteilung werden dem Fall so eine Komplikationsstufe von 0-3 bzw. 4 zugeteilt. Eine solch differenzierte Schweregradeinteilung war ein wichtiges Kriterium für die Auswahl des australischen Systems als Vorlage für die deutschen DRGs. (70)

2.4.3 Die deutschen DRGs (G-DRG)

„DRGs sind ein Patientenklassifikations-System, mit dem einzelne stationäre Behandlungsfälle anhand bestimmter Kriterien (Diagnosen, Schweregrad, Alter usw.) zu Fallgruppen zusammengefasst werden. Die meisten DRG-Systeme haben zwischen 500 und 1.000 unterschiedliche Gruppen. Es werden solche Behandlungsfälle zusammengefasst, die medizinisch ähnlich und hinsichtlich des Behandlungskostenaufwands möglichst homogen sind.“ (6)

Die Grundlage für die Einführung des DRG-Systems in Deutschland war das Gesundheitsreformgesetz 2000. Seit dem 1. Januar 2003 werden die Krankenhausleistungen in Form von diagnose- und prozedurorientierten Fallpauschalen finanziert. Waren zuvor die Kosten der Vergangenheit der Maßstab für das Finanzierungsvolumen, sollte künftig das Prinzip „Gleicher Preis für gleiche Leistung“ zur Anwendung kommen. Dies bedeutet etwa, dass für festgelegte Fallgruppen (z. B. Blinddarmoperationen) in allen Krankenhäusern dieselbe Vergütung gezahlt werden soll.

Das DRG-System wurde in mehreren Stufen in Deutschland eingeführt:

Ab dem Jahr 2003 durften die Krankenhäuser freiwillig auf das neue System umstellen, ab 2004 war die Abrechnung über das DRG-System für Krankenhäuser und Krankenkassen bindend, wobei zunächst noch wie gehabt Budgets ausgehandelt wurden. Im Jahr 2005 bis zum 01.01.2009 folgte die sogenannte Konvergenzphase. Hier sollte die zuvor krankenhausspezifische Vergütungshöhe schrittweise an ein landesweites Vergütungsniveau angepasst und ein einheitlicher Basisfallwert je Bundesland ermittelt werden.

Das DRG-System verwendet für die Eingruppierung der Patienten ausschließlich Routinedaten. Daher müssen diese jedoch ausreichend differenziert sein. Somit wurden

OPS- (deutsche Prozedurenklassifikation, Operationen- und Prozedurenschlüssel) und ICD-Katalog (International Classification of Diseases) entsprechend überarbeitet.

Um die Routinedaten zur Abrechnung zu verwenden, ist es wichtig, eine einheitliche Kodierung von Diagnosen und Prozeduren vorzunehmen. Hierfür wurden eigens bundeseinheitliche Kodierrichtlinien erarbeitet, die regelmäßig überarbeitet, ergänzt und dem Fortschritt angepasst werden. (6)

2.4.4 Relevante Diagnosen, Prozeduren und DRGs

Die Gonarthrose wird im ICD-10-GM Katalog (verfügbar unter www.DIMDI.de) mit **M17** erfasst:

M17.0 primäre Gonarthrose, beidseitig

M17.1 Sonstige primäre Gonarthrose

M17.2 Posttraumatische Gonarthrose, beidseitig

M17.3 Sonstige posttraumatische Gonarthrose

M17.4 Sonstige sekundäre Gonarthrose, beidseitig

M17.5 Sonstige sekundäre Gonarthrose

M17.9 Gonarthrose, nicht näher bezeichnet

Die Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk wird im Operationen- und Prozedurenschlüssel OPS (verfügbar unter www.DIMDI.de) unter der **5-822** wie folgt verschlüsselt:

5-822.0 Unikondyläre Schlittenprothese

5-822.1 Bikondyläre Oberflächenersatzprothese, ungekoppelt, ohne Patellaersatz

5-822.2 Bikondyläre Oberflächenersatzprothese, ungekoppelt, mit Patellaersatz

5-822.3 Bikondyläre Oberflächenersatzprothese, teilgekoppelt, ohne Patellaersatz

5-822.4 Bikondyläre Oberflächenersatzprothese, teilgekoppelt, mit Patellaersatz

5-822.6 Scharnierendoprothese ohne Patellaersatz

5-822.7 Scharnierendoprothese mit Patellaersatz

5-822.9 Sonderprothese

5-822.x Sonstige

5-822.y nicht näher bezeichnet

Die 6. Stelle dient der Angabe zur Verwendung von Zement:

0= nicht zementiert

1= zementiert

2= Hybrid, teilzementiert

Am Beispiel des im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Patientengutes am meistgestellten Diagnose M17.1 (sonstige primäre Gonarthrose) und der am häufigsten verwendeten Prozedur 5-822.11 (bikondyläre Oberflächenersatzprothese, ungekoppelt, ohne Patellaersatz, zementiert) soll veranschaulicht werden, wie die Comorbiditäten den DRG-Erlös verändern:

Zugrundegelegt wurden für alle Rechenbeispiele eine Verweildauer von 15 Tagen, da dies der durchschnittlichen Verweildauer unseres Patientengutes entspricht, sowie ein Alter von 69 Jahren entsprechend dem ermittelten Durchschnittsalter. Diese Daten wurden in die Eingabemaske des Web-Groupers der Uni Münster (verfügbar unter <http://drg.uni-muenster.de/>) eingegeben, der daraus die entsprechenden DRGs ermittelt.

Ohne Comorbiditäten ergeben sich aus der Kombination der o.g. Codes

- im Jahre 2004 die DRG I04Z mit 8636,55 €
- im Jahre 2005 die DRG I44Z mit 7888,66 €
- im Jahre 2006 die DRG I44A mit 7864,73 €
- im Jahre 2007 die DRG I44B mit 7777,98 €

Für die Version G-DRG 2007 werden nun einige gängige Begleiterkrankungen einzeln mit verschlüsselt:

- J44.19 Chronische obstruktive Lungenkrankheit mit akuter Exazerbation: FEV1 nicht näher bezeichnet
- D 62 Akute Blutungsanämie
- L89.44 Dekubitus 4. Grades: Kreuzbein
- N18.84 Chronische Niereninsuffizienz, Stadium IV
- A41.9 Sepsis
- I50.14 Linksherzinsuffizienz: Mit Beschwerden in Ruhe
- E11.11 Nicht primär insulinabhängiger Diabetes mellitus [Typ-2-Diabetes] mit Ketoazidose: Als entgleist bezeichnet
- T79.3 Posttraumatische Wundinfektion, anderenorts nicht klassifiziert

Es ergeben sich keine Veränderungen am DRG-Erlös von 7777,98 €.

Erst durch Kombinationen dieser Comorbiditäten ergibt sich ein Mehrerlös, z.B.

- J44.19 und L89.44
- T79.3 und E11.11
- N18.84 und I50.14

entsprechend der DRG I44A = Implantation einer bikondylären Endoprothese am Kniegelenk, mit äußerst schweren CC, ein effektives Entgelt von 8684.41 €.

Zusätzliche Comorbiditäten wie beispielsweise die Kombination aus N18.84, I50.14, J44.19 und E11.11 ergaben keinen zusätzlichen Mehrerlös, ebenso wenig die Verschlüsselung der Adipositas bzw Adipositas permagna (E66.-).

2.5 Das Kniegelenk

Das Kniegelenk (lat. Artikulatio genus) ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Als Drehscharniergelenk ermöglicht es eine Roll-Gleitbewegung und in gebeugtem Zustand auch Drehbewegungen. (60)

Die Gelenkkörper werden vom Oberschenkelknochen (Femur), vom Schienbein (Tibia) und der Kniescheibe (Patella) gebildet. Diese bilden an ihren Enden Rollen aus, die Kondylen. Es gibt jeweils einen inneren (medialen) und äußeren (lateralen) Kondylus, diese bilden gemeinsam am Unterschenkel das Tibiaplateau. Die Femurkondylen sind konvex geformt, die Tibiakondylen medial konkav, lateral konvex. Durch die Eminentia intercondylaris, eine Art kleines Gebirge zwischen den Tibiakondylen gelegen, wird das Tibiaplateau und somit das Artikulatio genus in ein mediales und ein laterales Gelenkkompartiment unterteilt.

Die Inkongruenz von Femur- und Tibiakondylen wird durch den medialen halbmondförmigen und den lateralen, fast kreisförmigen, Meniskus ausgeglichen. Hierbei handelt es sich um Bindegewebe, das aus kollagenen Fasern besteht.

Ein weiterer Knochen, die Patella (Kniescheibe), ist am Kniegelenk beteiligt. Sie bildet mit der Vorderfläche des Femurs das Femoropatellargelenk. Die Patella wird durch die Quadrizepssehne und das Ligamentum patellae geführt.

Die Gelenkhöhle ist von einer schlaffen, weiten Kapsel umgeben, welche durch Bänder verstärkt wird. In die vordere Kapsel ist die Patella integriert.

Zudem finden sich am Kniegelenk noch mehrere, miteinander kommunizierende Bursae (Gleit- oder Schleimbeutel), die den Gelenkraum vergrößern und an Stellen großer Belastung Reibung und Druck vermindern.

Geführt wird das Kniegelenk durch die Bänder und die ansetzende Muskulatur. Besonders erwähnenswert, da klinisch häufig betroffen, sind die Seitenbänder (Ligamentum collaterale mediale und laterale) und das vordere und hintere Kreuzband (Ligamentum cruciatum anterius und posterius). (60;82)

2.6 Gonarthrose

2.6.1 Definition der Arthrose

Definitionsgemäß handelt es sich bei der Arthrose um eine Gelenkerkrankung mit stadienhaftem Verlauf, ausgehend von strukturellen und funktionellen Beeinträchtigungen des Gelenkknorpels. Unter Einbeziehung des subchondralen Knochengewebes (Osteoarthrose) und der Synovialmembran wird der Gelenkkörper deformiert (Arthrosis deformans). Der Altersgipfel liegt in der 7. Lebensdekade, dabei sind Frauen häufiger betroffen als Männer. Man unterscheidet die primäre Arthrose, die sich in einem zuvor gesunden Gelenk entwickelt, und die sekundäre Arthrose, die ein zuvor bereits erkranktes Gelenk betrifft. (85)

2.6.2 Risikofaktoren für die Entstehung einer Gonarthrose

Mehrere Risikofaktoren sind für die Entstehung der Gonarthrose bekannt. Oft ist aber das Geschehen multifaktoriell bedingt, d.h. eine Kombination mehrerer vorhandener Risikofaktoren für die Gelenkveränderung ursächlich. (88)

Zu den Risikofaktoren zählen neben Alter und Übergewicht auch repetitive Mikrotraumen beim Sport und mechanische Überbeanspruchung, die zum Beispiel bei Tätigkeiten im Knien (z. B. Fliesenleger) oder schwerem Heben entsteht. (79;99)

Auch vorbestehende Gelenkdeformitäten, Gelenkverletzungen oder Achsdeformitäten können über eine punktuelle Überbelastung des Gelenkknorpels zu degenerativen Veränderungen führen. Schließlich tragen auch die Beschaffenheit des Knochens, genetische Faktoren (wie Zwillingsstudien belegen) und vermutlich auch hormonelle Faktoren (wie eine Zunahme der Gonarthroserate bei postmenopausalen Frauen zeigt) zur Entstehung einer Kniegelenksarthrose bei. (17;31;47;65;88)

2.6.3 Klinik der Gonarthrose

Die Patienten beschreiben initial oft einen arthrosotypischen Anlaufschmerz, der nach leichter Bewegung verschwindet, sowie belastungsabhängige Bewegungsschmerzen. In Ruhe ist der Patient zunächst schmerzfrei. Erst in fortgeschrittenen Stadien der Arthrose klagen die Betroffenen dann über Ruhe- bzw. Nachtschmerzen. Die Patienten berichten auch über Instabilitätsgefühle im Kniegelenk und beobachten eine belastungsabhängige Schwellung des Gelenkes. Die schmerzfreie Gehstrecke nimmt im zeitlichen Verlauf der Erkrankung ab, was auch mit Einschränkungen im Bereich der Lebensqualität einhergeht. (74) An eine Gonarthrose ist auch bei folgenden Symptomen zu denken: erhöhtes Alter, symmetrische Gelenkschmerzen und Steifheit, verminderte Beweglichkeit im Gelenk, Schwellung und Krepitation. (73)

2.6.4 Stadien der Gonarthrose

Die Gonarthrose wird nach Kellgren und Lawrence in folgende Stadien eingeteilt: (43)

Tabelle 2: Stadien der Gonarthrose nach Kellgren und Lawrence

Stadium	Erläuterung
Stadium 1:	Geringe subchondrale Sklerosierung. Keine Osteophyten. Keine Gelenkspaltverschmälerung.
Stadium 2:	Geringe Gelenkspaltverschmälerung. Beginnende Osteophytenbildung. Angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche.
Stadium 3:	Ausgeprägte Osteophytenbildung. Gelenkspaltverschmälerung. Deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche.
Stadium 4:	Ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion, Deformierung/ Nekrose der Gelenkpartner.

2.6.5 Therapie der Gonarthrose

Es gibt vielfältige Therapiemöglichkeiten der Gonarthrose. Der Bereich der konservativen Therapie verfolgt das Ziel, Exazerbationen und Komplikationen vorzubeugen und ein Fortschreiten des Krankheitsbildes zu verhindern.

Mithilfe nicht-pharmakologischer Methoden, die die Therapiebasis bilden, sollen der Schmerz verringert und die Funktion der betroffenen Extremität verbessert werden. Hier

sind zunächst eine angemessene körperliche Betätigung und funktionelle Übungen sowie eine Gewichtsoptimierung vorrangig. Begleitet wird dies durch multimodale Physiotherapie mit manual-therapeutischen Elementen, wie Dehnungsbehandlung und passive Mobilisation des Gelenkes, aber auch Kältetherapie, TENS (transkutane elektrische Nervenstimulation) oder Akupunktur. Ergänzt werden diese Maßnahmen durch eine pharmakologische Schmerztherapie, beispielsweise mittels kontinuierlicher Einnahme von Paracetamol in der niedrigst-möglichen Dosierung die dem Patienten Schmerzfreiheit verschafft, um unerwünschte Arzneimittelwirkungen zu minimieren. Ergänzt werden kann diese Medikation im Akutfall neben Schonung und Kälteanwendungen durch Einnahme Nichtsteroidaler Entzündungshemmer (NSAIDS), ggf. auch deren topischer Anwendung, bzw. intraartikuläre Injektion von Corticosteroiden. Auch Hyaluronsäure kann intraartikulär injiziert werden. Opioid-Analgetika sollten nur dann zum Einsatz kommen, wenn die Symptome schwerwiegend sind und eine operative Therapie nicht oder noch nicht in Frage kommt. (27;73;100)

Die operative Therapie umfasst arthroskopische Verfahren, Osteotomien und den Gelenkersatz. Sie sollte bei Persistieren der Symptome nach konservativer Therapie zur Anwendung kommen. (62;71;88)

Welche Methode zum Einsatz kommt, hängt von zahlreichen Faktoren wie der Lokalisation und des Schweregrades des Schadens, den Eigenschaften des Patienten wie Alter und körperliche Aktivität und seiner Risikofaktoren ab. (71;88)

Die Arthroskopie ermöglicht verschiedene Techniken wie Lavage, Débridement oder eine Knochenmarkstimulation kleiner, umschriebener Knorpelläsionen, um dort faserknorpelartiges Gewebe entstehen zu lassen, welches den Knorpeldefekt ausfüllen kann. Im Rahmen der Arthroskopie können auch freie Gelenkkörper, Meniskusfragmente oder hypertrophierte Synovialmembran entfernt werden. Ferner können auch autologer Knorpel oder Chondrozyten transplantiert werden. (88)

Bei einer durch einen Achsfehler hervorgerufenen, unikompartimentalen Arthrose bietet sich eine kniegelenknahe Umstellungsosteotomie an. Dieses Verfahren wurde durch die guten Ergebnisse im Bereich der Endoprothetik etwas in den Hintergrund gedrängt, bietet sich aber vor allem bei jungen und körperlich aktiven Patienten an, um die Implantation einer Totalendoprothese (TEP) hinauszuzögern. (71;88)

Durch Veränderungen der Beinachse soll die Belastung auf das nichtbetroffene Kompartiment übertragen werden, um somit eine Entlastung des arthrotischen

Kompartimentes und eine Symptomreduktion zu erzielen. Hier kann, je nach vorherrschender Achsfehlstellung, eine Varisierung oder Valgisierung – zuklappend oder aufklappend – erfolgen. (88)

Wenn die oben genannten Therapien nur noch unzureichend helfen oder kontraindiziert sind, kann eine Knieendoprothese implantiert werden, um dauerhafte Schmerzreduktion und verbesserte Gelenkfunktion zu erzielen. Da gerade bei jüngeren Patienten (50 Jahre oder jünger) die Versagensquote 10 Jahre nach der Implantation deutlich höher ausfällt, als bei Patienten, die älter als 70 Jahre sind, sollten für die jüngeren Patienten weniger invasive operative Techniken anstelle der Endoprothesenimplantation gegeneinander abgewogen werden. Gleichwohl werden in zunehmendem Maße ältere wie jüngere Patienten mit schwerer Arthrose erfolgreich durch die Knieendoprothetik behandelt.(88)

Typische Komplikationen der Endoprothetik stellen die aseptische Prothesenlockerung, Infektionen, der Verschleiß der Polyethyleninlays und periprothetische Frakturen dar. Alter und Begleiterkrankungen sind wichtige Faktoren, die ein schlechteres operatives Ergebnis begünstigen können. (17;88)

2.7 Knieendoprothesen

Bei einer Arthrose, die in größerem Ausmaße nur ein femorotibiales Kompartiment betrifft, kann eine unikondyläre/unikompartimentelle Schlittenprothese – auch Hemischlitten genannt – in das mediale oder seltener das laterale Kompartiment implantiert werden. Voraussetzungen sind, dass benachbarte Kompartimente weitestgehend und Kreuz- und Seitenbänder vollständig intakt sind sowie die Achsabweichung korrigierbar ist. (17;21)

Eine isolierte Arthrose des Patellofemoralgelenkes, z. B. im Rahmen einer Dysplasie entstanden oder posttraumatisch bedingt, kann in bestimmten Fällen mit einem alleinigen Patellarrückflächenersatz behoben werden. (88)

Der Goldstandard der Therapie höhergradiger Arthrosen ist der vollständige Kniegelenkersatz. (17;71)

Höhergradige Bi- oder Trikompartimentelle Arthrosen mit stabilem Bandapparat erfordern entsprechende Totalendoprothesen. Die heutigen modernen modularen Endoprothesensysteme ermöglichen die Verwendung verschiedener Prothesengrößen, die Auswahl unterschiedlicher Inlays und verschiedener Stiellängen. Der

Patellarrückflächenersatz wird vor allem bei Patienten mit rheumatoider Arthritis, Übergewicht oder präoperativ ausgeprägten retropatellaren Schmerzen empfohlen. Ungekoppelte Prothesen erfordern einen stabilen oder stabilisierbaren Bandapparat, insbesondere der Seitenbänder und des hinteren Kreuzbandes. Bei Verlust des hinteren Kreuzbandes werden posterior stabilisierte bzw. bei mediolateraler Instabilität interkondylär stabilisierte Prothesen verwendet. Bei schweren Arthrosen mit Gelenkdeformitäten, Insuffizienzen des Band- oder Streckapparates und hochgradigen Fehlstellungen bzw. einem Tumorleiden ist eine achsgeführte Totalendoprothese indiziert. (84)

2.8 Vorgehensweise bei der Implantation von Knieendoprothesen

Vorbereitende Maßnahmen sind neben einer gründlichen klinischen Untersuchung Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes in zwei Ebenen sowie Patellatangentialaufnahme und Ganzbeinaufnahme a. p., um das weitere Vorgehen planen zu können und geeignetes Prothesenmaterial auszuwählen.

Nach den OP-Vorbereitungen, wie dem Überprüfen einer korrekten Lagerung, Anbringen der Blutsperre, Untersuchung des Gelenkes in Narkose, dem Einrichten des Bildwandlers und der Gabe der Antibiotikaphylaxe, wird mit dem Hautschnitt begonnen.

Standardzugang für die Implantation einer Totalendoprothese ist hier der mediale parapatellare Zugangsweg, der jedoch variiert werden kann. Alternative Schnittführungen sind der Subvastuszugang oder ein lateraler parapatellarer Zugang. Bei Bedarf kann eine Osteotomie der Tuberositas Tibiae zur Erweiterung des Zugangs durchgeführt werden. (15;58).

Soll eine monokondyläre Prothese eingebaut werden, werden vorbereitend noch gehaltene Röntgenaufnahmen mit Varus- und Valgusstress benötigt, da Grundvoraussetzung zur Implantation dieser Prothese eine intakte kontralaterale Gelenkhälfte ist, was sich mit diesen Aufnahmen zeigen lässt. Zudem sind Menisken und Knorpel der beiden nicht betroffenen Kompartimente auf guten Zustand zu überprüfen. Hierzu eignen sich ein MRT oder Befunde einer aktuellen Arthroskopie. Die Bänder des Kniegelenkes müssen intakt sein.

Der Standardzugang ist median-parapatellar, die Patella muss zur Gegenseite mobilisiert werden. (66)

2.9 Verwendete Prothesentypen

Es stehen unterschiedliche Prothesentypen zur Verfügung, um abhängig von Befund und Gesundheitszustand des Patienten das für den Einzelnen geeignete Implantat zu finden.

Die in dieser Arbeit verwendeten Prothesentypen waren:

- Triathlon®- Kniesystem (Bicondylärer Oberflächenersatz)
- Interax® (Bicondylärer Oberflächenersatz)
- Miller/Galante II® (Monocondyläre Schlittenprothese)
- GSB® (Achsgeführte Knieendoprothese)

2.9.1 Das Triathlon®- Kniesystem von Stryker

Den Herstellerangaben zufolge bieten diese Knieendoprothesen dem Operateur durch die Auswahl aus vielen unterschiedlich großen Komponenten eine immense Flexibilität. Das Zugrundelegen einer anthropometrischen Vermessungsstudie beim Design verspricht eine optimale Passgenauigkeit.

Laut Hersteller soll die Prothese dem Patienten mit dem Single Radius Design, der anatomischen femoropatellaren Führung und einem speziellen Rotationsbogen natürlichere Bewegungsabläufe mit einer Flexion von bis zu 150° bei gleich bleibender Stabilität ermöglichen. Auch sei die Haltbarkeit dieser Prothese durch einen verminderten Polyethylenabrieb, der durch einen speziellen Verankerungsmechanismus und homogene Kontaktflächen ermöglicht wird, länger. (97)

2.9.2 Das Knieprothesensystem Interax® von Stryker

Laut Produktbeschreibung bietet dieses System dem Operateur mehrere Optionen. Zum einen ist der Erhalt des hinteren Kreuzbandes oder dessen Ersatz möglich, des Weiteren besteht die Wahlmöglichkeit ein fixed oder mobile bearing, d. h. ein fixiertes oder mobiles tibiales Polyethylen-Gleitlager, zu verwenden.

Beim Fixed System gibt es zwei für das mediale und laterale Kompartiment getrennte tibiale Inlays. Bedingt durch unterschiedliche Ausformungen der Inlays ist es möglich, das gewünschte bzw. benötigte Maß an Konformität auszuwählen. Der Einsatz der Mobile Bearing Interax-ISA- Komponenten soll durch das Ermöglichen einer Bewegung

zwischen der tibialen Basisplatte und dem Gleitlager Scherkräfte reduzieren, da Scherkräfte zur Prothesenlockerung beitragen können.

Es ist ein Wechsel zwischen Fixed- und Mobile Bearing-Komponenten möglich. Außerdem beinhaltet das System diverse Komponenten für Revisionseingriffe. (96)

2.9.3 Das unikompartimentale Kniesystem Miller-Galante II® von Zimmer

Nach Herstellerangaben ermöglicht die M/G II unikondyläre Knieprothese durch Auswahl verschiedener Größen sowie ihr passgenaues Design mit akkurater Reproduktion von Größe und Krümmung der Femurkondyle das Wiederherstellen normaler biomechanischer Funktionen. Sie verspricht einfache Verankerung und präzise Implantation.

Das zugehörige Instrumentarium wurde entwickelt, um in minimalinvasiver Technik akkurate und reproduzierbare Resektionsschnitte zu ermöglichen. (110)

2.9.4 GSB-Achsknie von Zimmer

Die GSB-Prothese wurde von Gschwend, Scheier und Bähler entwickelt und 1972 erstmalig angewendet. Das Prothesendesign nimmt eine Mittelstellung zwischen den ungekoppelten Oberflächenersatzprothesen und den gekoppelten Scharnierprothesen ein. Die polyzentrische Achse ermöglicht während der Flexion eine Roll-Gleitbewegung, während Rotationsbewegungen komplett gehemmt werden. (101)

Um das Patellagleiten zu verbessern und Affektionen durch Metallabrieb zu verringern, wurde die Prothese mehrfach überarbeitet. (44;49;101)

In der Sagittalebene wird in den verschiedenen Flexionsgraden zwischen Femur und Tibia eine physiologische Bewegung nachgeahmt. Hierfür sprechen auch das große postoperative Bewegungsausmaß und die niedrige aseptische Lockerungsrate nach 10 Jahren. (44;49;50)

Die Operationstechnik ist einfach und das Ausmaß der knöchernen Resektion gering. Durch die implantateigene Stabilität eignet sich die Prothese für schwierige Fälle mit großer ligamentärer Instabilität, schlechter Knochenmasse oder hochgradigen Gelenkdeformitäten. (44;50)

2.10 Nachbehandlung

Im Anschluss an die Operation erfolgt eine Röntgenkontrolle des Kniegelenkes in zwei Ebenen im Operationssaal selbst. Die stationäre Nachbehandlung sieht zunächst eine Lagerung in Streckung vor. Die Wunddrainagen sollten entfernt werden, wenn die Fördermenge weniger als 50 ml pro Tag beträgt, spätestens aber am zweiten postoperativen Tag. Laborkontrollen von Hämoglobin und C-reaktivem Protein (CRP) sollten mehrfach erfolgen, bis der Wert des CRPs wieder im Normbereich liegt.

Es erfolgt die Mobilisation des Patienten unter zunehmender Belastung mit Wiedererlangung der muskulären Kontrolle des betroffenen Beines. Eine Woche nach Implantation der TEP, bzw. nach drei bis vier Tagen postoperativ bei der Schlittenprothese, sollte eine Beugung von 90° möglich sein. (66)

Häufig erhalten Patienten nach solchen Eingriffen bereits am Operationstag, spätestens aber am ersten postoperativen Tag, eine physiotherapeutische Behandlung. Hierzu erstellen die entsprechenden Krankenhäuser meist eigene Therapieprotokolle. (12) Leider gibt es bislang keine übergeordneten einheitlichen Behandlungsrichtlinien oder Therapiekonzepte, obwohl Empfehlungen zur Entwicklung vorliegen. (25)

Der Patient übt die aktive und passive Kniebeugung, beübt die Extensorengruppe, trainiert die Hüft-Ab- und Adduktion. Es folgen Transferübungen und eine Gangschule mit Gehstützen, ab dem vierten postoperativen Tag auch mit zunehmender Aufbelastung. Vor der Entlassung, etwa am 6. oder 7. postoperativen Tag wird im Bedarfsfall das Treppengehen geübt. (19)

Häufig sieht man den Einsatz einer Motorschiene (Continuous passive motion, CPM) zur passiven Beübung der Flexion und Extension in Ergänzung zu aktiven Übungen.

Meist kommt auch begleitend die Kälteanwendung zum Einsatz, wobei eine kontinuierliche Kälteanwendung im Vergleich zur intermittierenden erwiesenermaßen positiven Einfluss auf den postoperativen Schmerzmittelbedarf und die Beweglichkeit hat. (2;3)

3 Patienten und Methoden

3.1 Studiendesign

Es handelt sich hier um eine retrospektive Studie, bei der Daten von konsekutiven Behandlungsfällen aus der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie am Universitätsklinikum des Saarlandes in Homburg erhoben und statistisch ausgewertet wurden.

3.2 Patientenkollektiv

Analysiert wurden Daten von insgesamt 607 Patienten, welche sich im Zeitraum von Januar 2004 bis Juli 2007 einer primären Knieendoprothesenimplantation unterzogen. Die Operationsindikation wurde durch folgende Diagnosen begründet:

- Gonarthrose, nicht näher bezeichnet
- Primäre Gonarthrose
- Posttraumatische Gonarthrose
- Sonstige Sekundäre Gonarthrose
- Chronische Polyarthrit
- Knochennekrose
- Fraktur des proximalen Endes der Tibia

Bei den verwendeten Prothesentypen handelte es sich entweder um Totalendoprothesen, bei denen sowohl die femoralen als auch die tibialen Gelenkoberflächen – wahlweise mit oder ohne Patellarückflächenersatz – erneuert wurden oder um unikondyläre Schlittenprothesen, bei welchen nur die Gelenkoberflächen des medialen oder lateralen Gelenkkompartimentes ersetzt wurden. Die Prothesen wurden zementiert oder teil-zementiert (Hybrid-Prothese) implantiert.

3.3 Datenerhebung

Die Daten wurden mit Hilfe des klinikeigenen Krankenhausinformationssystems (SAP ISH-med, Unternehmenssoftware SAP, SAP Deutschland, SE & Co. KG, Hasso-Plattner-Ring 7, 69190 Walldorf) erhoben und fehlende Daten durch die Sichtung der klinischen Patientenakten vervollständigt. Auch die Datenbank des Institutes für klinische Hämostasiologie und Transfusionsmedizin wurde zur Informationsgewinnung bezüglich der Gabe von Blutprodukten herangezogen, da hier detailliert erfasst wurde, ob bzw. welche Blutprodukte die Patienten im Rahmen ihres Krankenhausaufenthaltes benötigten.

Eingeschlossen wurden alle Patienten, die sich einer primären Endoprothesenimplantation unterzogen und eine Gonarthrose die Operationsindikation darstellte. Ausgeschlossen wurden Patienten mit Tumorerkrankungen im Knie. Hier wären einerseits andere Prothesentypen (Spezialprothesen) und andererseits krankheitsspezifische Comorbiditäten wie beispielsweise eine Tumoranämie oder eine erhöhte Thromboseneigung zu erwarten, welche im Vergleich mit dem Normalkollektiv einen völlig anderen Ressourcenverbrauch erwarten ließen. Auch Patienten mit Hämophilie wurden ausgeschlossen, da aufgrund der extrem teuren Blutersatzprodukte die Ergebnisse verfälscht würden. (92)

Erhobene Daten waren neben der Fallnummer personenspezifische Angaben wie Geburtsdatum, Geschlecht und Alter der Patienten, Körpergröße und Gewicht, die Erfassung von bis zu sieben Begleiterkrankungen, Raucherstatus, ob es sich beim jeweiligen Patienten um einen Diabetiker handelte und die anästhesiologische Einstufung des Patienten mittels ASA-Risikoklassifikation der American Society of Anesthesiologist zur Ermittlung des perioperativen Risikos. (verfügbar unter: <http://www.asahq.org>)

Der BMI wurde später aus Körpergröße und Gewicht errechnet (vgl. Kapitel 2.2).

Healy et al. beschreiben, dass knapp 78 % der Krankenhauskosten vom Operationssaal, der Wach- und Pflegestationen und der Medikation verursacht werden. (53)

Daher wurden Zeiten aus dem Operationsmanagement erfasst, wie die Schnitt-Naht-Zeit (OP-Dauer) und die Anästhesie-Zeit, die sich aus der Zeit zwischen Einschleusung und OP-Beginn errechnete. Die Gesamtliegedauer jedes Patienten und im Besonderen auch

Von den 607 ursprünglich erhobenen Fällen mussten 96 aufgrund unvollständiger Daten vor der definitiven statistischen Auswertung aus der Studie ausgeschlossen werden. Die Daten der verbleibenden 511 Patienten konnten dann mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 11.5 für Windows (© IBM Corporation, 1 New Orchard Road, Armonk, New York 10504-1722) ausgewertet werden. Diese Schritte wurden über den gesamten Erstellungszeitraum dieser Dissertation von einem Statistiker begleitet.

3.4 Grundlagen zur durchgeführten statistischen Analyse und angewandte Tests

Zur besseren Veranschaulichung der erhobenen Daten wurden diese zunächst mit Hilfe der deskriptiven Statistik dargestellt. Hierzu wurden Diagramme erstellt, die einen ersten Überblick über die Merkmalsausprägungen der Variablen geben sollten. Verwendet wurden gestapelte Balkendiagramme und Streudiagramme sowie Boxplots und Häufigkeits-Tabellen.

Hieraus konnten Lagemaße wie Minimum, Maximum, arithmetischer Mittelwert (Durchschnitt) und Median (Zentralwert) gewonnen werden. Das arithmetische Mittel ist empfindlich gegenüber Ausreißern, dient aber einer ersten Orientierung und vermittelt zusammen mit der Standardabweichung einen guten Anhalt, wie weit die Einzelwerte vom Mittelwert entfernt liegen. Der Median ist unempfindlich gegenüber Ausreißern und beschreibt denjenigen Wert, von dem aus 50 % der Einzelwerte ober- und unterhalb zu liegen kommen (50 %-Quartil). Bei einer relativ symmetrischen Anordnung der Variablen unterscheiden sich Median und arithmetisches Mittel nur gering.

Als Maß für die Homogenität der Stichprobe wurde zusätzlich als Streuungsmaß die Standardabweichung (s) berechnet. Bei einer Normalverteilung liegen ca. $2/3$ aller Werte im Bereich zwischen dem Mittelwert und dem positiven und negativen Betrag der Standardabweichung.

Zum Vergleich der Mittelwerte zweier Stichproben, also zur Testung der Nullhypothese ($H_0: \mu_1 = \mu_2$), wurde der t-Test für unverbundene Stichproben gewählt. Zuvor wurde das Signifikanzniveau auf das gebräuchliche Maß von $\alpha = 0,05 = 5 \%$ festgelegt. Somit wurde bei einem p-Wert von $\leq 0,05$ die Nullhypothese abgelehnt.

Je größer der gewählte Stichprobenumfang ist, desto eher werden auch kleine Unterschiede signifikant.

Die Stichproben gelten als unverbunden, da von jedem Patienten nur ein Wert in die jeweilige Berechnung einging. Da der t-Test eine Normalverteilung der Zielgrößen voraussetzt, wurde dies zuvor anhand der Boxplots überprüft. Hierzu müssen die zu vergleichenden Boxen eine hinreichende Symmetrie aufweisen. Als weitere Voraussetzung für den t-Test gilt die Varianzgleichheit. Diese lässt sich grob aus der Verteilung der Punktwolke im Streudiagramm abschätzen und wurde auch rechnerisch mittels Levene-Test überprüft.

Mittels t-Test wurde auf Mittelwertunterschiede für BMI und Alter bezüglich des Auftretens einer Thrombose, eines Herzereignisses, Wundheilungsstörung und dem Vorliegen eines Diabetes mellitus getestet.

Dann wurden die Daten auf Zusammenhänge zwischen ausgewählten Variablen überprüft.

Ob ein linearer Zusammenhang zwischen zwei Variablen besteht, konnte per Regressionsanalyse ermittelt werden. Diese wurde durchgeführt für die Untersuchung auf eine Abhängigkeit zwischen Alter bzw. BMI und benötigten Erythrozytenkonzentraten, Thrombozytenkonzentraten, Fresh Frozen Plasma sowie der Anzahl der Comorbiditäten.

Etwaige lineare Zusammenhänge zwischen zwei Merkmalen wurden, da einige Daten dieser Arbeit Ausreißer aufweisen, mit der Spearman-Rang-Korrelation beschrieben. Die Spearman-Rang-Korrelation arbeitet mit den Rängen der Originaldaten.

Die Korrelation beschreibt, wie stark zwei Merkmale voneinander abhängen. Besteht ein streng linearer Zusammenhang zwischen den Rängen, wird der Korrelationskoeffizient 1 oder -1. Die Korrelation ist gleich Null, wenn keinerlei lineare Abhängigkeit zwischen den Rängen der zwei Variablen besteht. Der lineare Zusammenhang ist umso größer, je näher der Betrag des Korrelationskoeffizienten bei 1 liegt. (105)

Es wurde auf Zusammenhänge zwischen

- BMI / DRG-Erlös
- BMI / Lebensalter
- BMI / OP-Dauer und Anästhesie-Zeit
- Alter / OP-Dauer und Anästhesie-Zeit
- BMI / Anzahl Comorbiditäten
- Alter / Anzahl Comorbiditäten
- BMI / ASA-Klassifikation
- Alter / ASA-Klassifikation
- BMI / Anzahl der Konsile
- Alter / Anzahl der Konsile
- BMI / Verweildauer
- Alter / Verweildauer

geprüft.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt im Kapitel 4 graphisch respektive tabellarisch. Die Abbildungen und Tabellen wurden im Statistikprogramm SPSS 11.5 für Windows (© IBM Corporation, 1 New Orchard Road, Armonk, New York 10504-1722) erstellt und unverändert im Original übernommen und eingefügt.

4 Ergebnisse

4.1 Beschreibung des Patientenkollektivs

Von den 511 in die Studie einbezogenen Patienten waren 325 Frauen (63,6 %) und 186 Männer (36,4 %). Somit ergab sich ein Verhältnis von Frauen zu Männern, die sich einem Kniegelenkersatz unterzogen, von 2:1.

9 % der Patienten gaben an, Raucher zu sein (n = 47).

Die Werte der prä- und post-operativ erhobenen Laborparameter verteilten sich folgendermaßen:

Tabelle 3: Übersicht über die erhobenen Laborwerte

	prä-op.	1.Tag post-op.	3.-5.Tag post-op	min.	max.	Mittel- wert	Standard- abweichung
Hb (g/dl)	x			9,60	18,50	13,84	1,46
Leukozyten (G/l)	x			3,20	17,90	6,67	1,76
CRP (mg/l)	x			0,05	52,30	4,54	5,34
Hb (g/dl)		x		6,90	15,50	10,64	5,77
Leukozyten (G/l)			x	3,40	20,40	8,28	2,42
CRP (mg/l)			x	9,90	331,40	154,65	63,06

Im Mittel waren die Frauen 68,02 und die Männer 69,01 Jahre alt. Das Durchschnittsalter insgesamt lag bei 69 Jahren mit einer Standardabweichung (SD) von $\pm 8,8$ Jahren. Der jüngste Patient war 42 Jahre, der älteste 94 Jahre alt.

Das ermittelte Gewicht variierte zwischen 40 kg und 138 kg. Die Männer wogen im Mittel $90,56 \text{ kg} \pm 16,16 \text{ kg SD}$ (Median 87 kg), die Frauen wogen durchschnittlich $79,79 \text{ kg} \pm 14,54 \text{ kg SD}$ (Median 78 kg). Insgesamt errechnete sich hieraus ein Mittelwert von $83,71 \text{ kg} \pm 16 \text{ kg SD}$.

Die Körpergrößen lagen zwischen 1,45 m und 1,95 m. Die Männer waren im Schnitt 1,74 m groß (Median 1,74), die Frauen 1,61 m groß (Median 1,62). Die mittlere Größe lag bei 1,66 m.

Der BMI wurde aus den Größen- und Gewichtangaben errechnet (vgl. Kapitel 2.2):

Somit hatten 13 % der männlichen Patienten einen BMI von $< 25 \text{ kg/m}^2$, 45 % einen BMI von 25 bis 29 kg/m^2 , 29 % einen BMI von 30 bis 34 kg/m^2 und 13 % einen BMI von 35 kg/m^2 oder mehr.

Bei den Frauen lag der BMI bei 16 % $< 25 \text{ kg/m}^2$, bei 28 % im Bereich von 25 bis 29 kg/m^2 , bei 35 % im Bereich von 30 bis 34 kg/m^2 und bei 21 % lag der BMI bei 35 kg/m^2 oder mehr (vgl. Abb. 1).

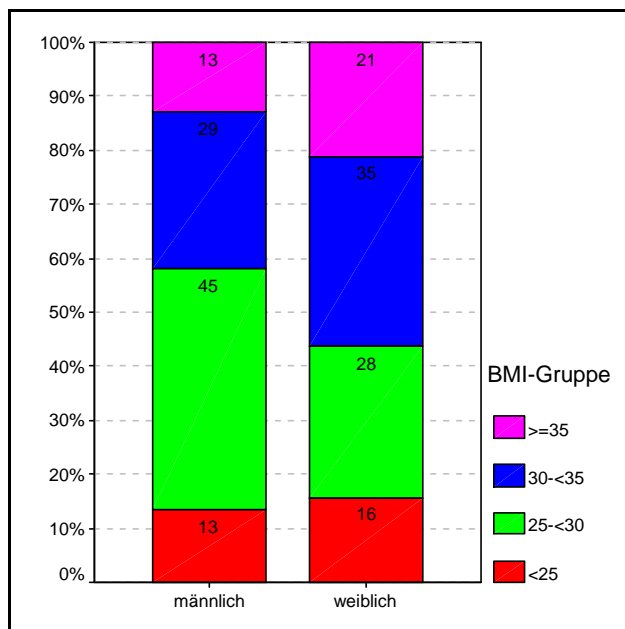


Abb. 1: Gestapeltes Balkendiagramm: BMI-Gruppen

Der Median für den BMI bei den weiblichen Patienten lag bei $30,5 \text{ kg/m}^2$, der Mittelwert bei $30,62 \text{ kg/m}^2$. Der Medianwert der Männer wurde mit 29 kg/m^2 , der Mittelwert mit $29,58 \text{ kg/m}^2$ bestimmt.

Die am häufigsten gestellte Diagnose war mit 65,4 % bei 334 Patienten die sonstige primäre (unilaterale) Gonarthrose M17.1.

Am zweithäufigsten mit 13,5 % folgte die Gonarthrose, nicht näher bezeichnet, M17.9 bei 69 Patienten.

11 %, entsprechend 56 Patienten, erhielten die Diagnose beidseitige primäre Gonarthrose M17.0. Die weiteren Diagnosen sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Übersicht über die Diagnosen nach ICD-10

	Häufigkeit	Prozent
M06.99	1	0,2
M17.0	56	11,0
M17.1	334	65,4
M17.3	16	3,1
M17.4	1	0,2
M17.5	27	5,3
M17.9	69	13,5
M21.06	1	0,2
M87.05	4	0,8
S82.18	1	0,2
Z96.6	1	0,2
Gesamt	511	100,0

Wie aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich, erhielten 299 Patienten (58,5 %) entsprechend dem Prozedurencode 5-822.11 die Implantation einer zementierten, ungekoppelten bikondylären Oberflächenersatzprothese ohne Patellaersatz.

Für 92 Patienten (18 %) wurde die Prozedur 5-822.01 verschlüsselt, sie erhielten eine zementierte unikondyläre Schlittenprothese.

65 mal (12,7 %) wurde die 5-822.21 vergeben, diese Patienten erhielten eine zementierte, ungekoppelte bikondyläre Oberflächenersatzprothese mit Patellaersatz.

Tabelle 5: Übersicht über die Prozeduren nach OPS-301

	Häufigkeit	Prozent
5-822.01	92	18,0
5-822.10	1	0,2
5-822.11	299	58,5
5-822.12	1	0,2
5-822.21	65	12,7
5-822.30	2	0,4
5-822.31	15	2,9
5-822.41	3	0,6
5-822.60	1	0,2
5-822.61	2	0,4
5-822.91	1	0,2
5-822.A1	20	3,9
5-822.B1	5	1,0
5-822.Y	4	0,8
Gesamt	511	100,0

Bei 353 Patienten wurde die Interax[®]-Knieprothese implantiert, was 69,1 % entspricht. 93 Patienten erhielten die Miller Galante II – Prothese (18,2 %). Das Triathlon[®]-System wurde 55 mal verwendet, dies entspricht 10,8 %. Eine GSB-Prothese erhielten 6 Patienten (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Übersicht über den verwendeten Prothesentyp

	Häufigkeit	Prozent
Sonstige	4	0,8
Miller Galante II	93	18,2
Interax	353	69,1
Triathlon	55	10,8
GSB	6	1,2
Gesamt	511	100,0

4.2 DRG-Erlös in Abhängigkeit vom BMI

Die ermittelten DRG-Erlöse lagen zwischen 5.957,26 € und 18.571,46 € (siehe Streudiagramm Abb. 2).

Die am häufigsten erzielten Erlöse waren 7.850,93 € (100 mal), 123 mal 8.347,19 € sowie 165 mal 9.141,83 €.

Mit einem p-Wert von 0,051 war das Ergebnis für die Korrelation von steigendem BMI und höherem DRG-Erlös in der Gesamtpopulation noch signifikant, dies allerdings bei einer nur sehr schwachen Korrelation von 0,086 (vgl. Tabelle 7; p-Wert fett gedruckt, Korrelationskoeffizient rot hervorgehoben).

Tabelle 7: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: BMI/DRG-Erlös

Korrelationen			BMI	DRGERLÖS
Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	,086
		Sig. (2-seitig)	.	,051
		N	511	511
	DRGERLÖS	Korrelationskoeffizient	,086	1,000
		Sig. (2-seitig)	,051	.
		N	511	511

Getrennt nach Geschlecht ergab sich für die männlichen Patienten keine signifikante Korrelation zwischen DRG-Erlös und BMI. Für die Frauen war der Spearman-Test mit einem p-Wert von 0,002 hoch signifikant, allerdings korrelierten die Ergebnisse mit

einem Korrelationskoeffizienten von 0,175 ebenfalls nur schwach (Abb. 3; Tabelle 8, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben).

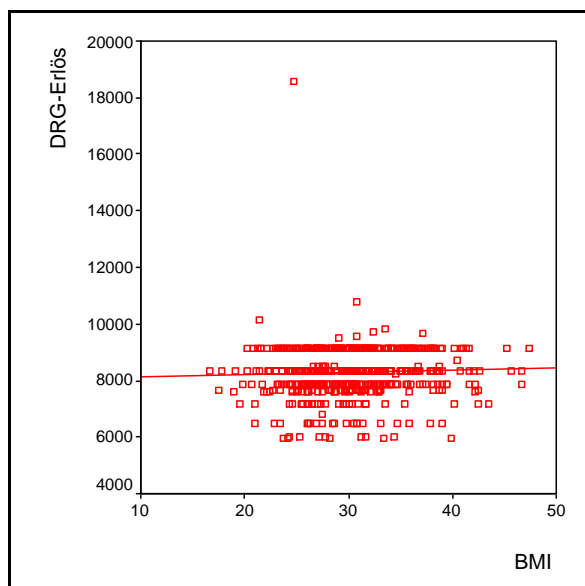


Abb. 2: Streudiagramm: DRG-Erlös/BMI

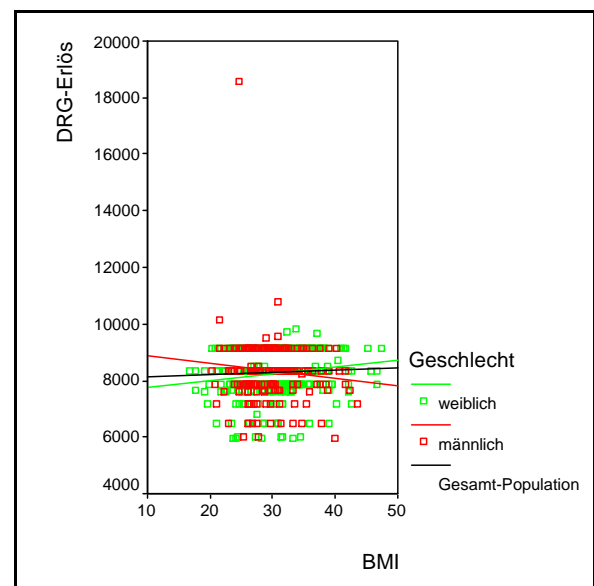


Abb. 3: Streudiagramm: DRG-Erlös/BMI/m-w

Tabelle 8: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient für BMI vs. DRG-Erlös nach Geschlechtern getrennt

Korrelationen					
Geschlecht				BMI	DRGERLÖS
männlich	Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	-,044
			Sig. (2-seitig)	.	,554
			N	186	186
		DRGERLÖS	Korrelationskoeffizient	-,044	1,000
			Sig. (2-seitig)	,554	.
			N	186	186
weiblich	Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	,175**
			Sig. (2-seitig)	.	,002
			N	325	325
		DRGERLÖS	Korrelationskoeffizient	,175**	1,000
			Sig. (2-seitig)	,002	.
			N	325	325

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

4.3 Abhängigkeit von BMI und Alter

Bei einem p-Wert von 0,001 korrelierte der BMI hoch signifikant mit dem Alter, mit einem $r = -0,178$ ergab sich hierfür eine schwach negative Korrelation. Dies bedeutet, dass der BMI bei höherem Lebensalter abnimmt (siehe Tabelle 9, p-Wert fett gedruckt, Korrelationskoeffizient rot hervorgehoben).

Tabelle 9: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient für Korrelation zwischen BMI und Lebensalter

Korrelationen				
			BMI	ALTER
Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	-,178**
		Sig. (2-seitig)	.	,000
		N	511	511
	ALTER	Korrelationskoeffizient	-,178**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.
		N	511	511

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Auch getrennt nach Geschlecht ergeben sich für beide Gruppen deutlich signifikante Ergebnisse für den Zusammenhang von abnehmendem BMI bei höherem Lebensalter, wobei die Variablen ebenfalls schwach negativ korrelieren (vgl. Tabelle 10, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben).

Tabelle 10: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient getrennt nach Geschlecht; Zusammenhang zw. BMI und Alter

Korrelationen					
Geschlecht				BMI	ALTER
männlich	Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	-,202**
			Sig. (2-seitig)	.	,006
			N	186	186
		ALTER	Korrelationskoeffizient	-,202**	1,000
			Sig. (2-seitig)	,006	.
			N	186	186
weiblich	Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	-,181**
			Sig. (2-seitig)	.	,001
			N	325	325
		ALTER	Korrelationskoeffizient	-,181**	1,000
			Sig. (2-seitig)	,001	.
			N	325	325

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Dieses Ergebnis spiegelt sich auch an den annähernd parallel verlaufenden Regressionsgeraden im Punktediagramm für das Gesamtkollektiv sowie getrennt nach Frauen und Männern wider (vgl. Abb. 4)

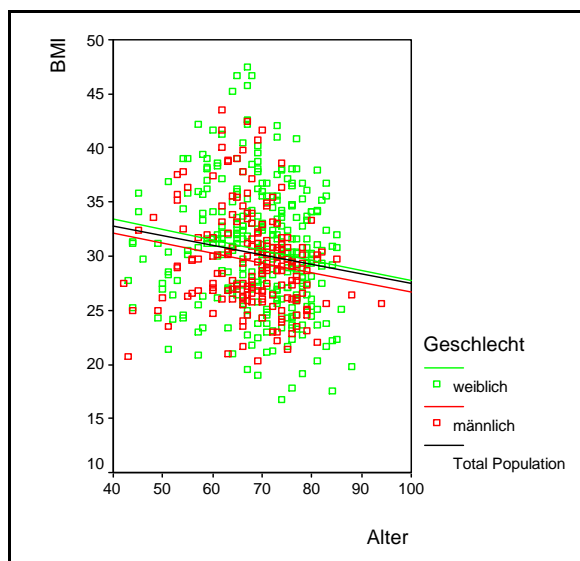


Abb. 4: Streudiagramm: BMI/Alter

4.4 Die Abhängigkeit von OP-Dauer und BMI bzw. OP-Dauer und Alter

Die mittlere OP-Dauer betrug 128,53 min. Median 130 min. Dabei variierten die Werte zwischen der kürzesten OP von 57 min. und der längsten OP von 299 min. Dauer.

Abb. 5 und Abb. 6 lassen vermuten, dass die OP-Dauer bei höherem Lebensalter abnimmt und mit steigendem BMI zunimmt.

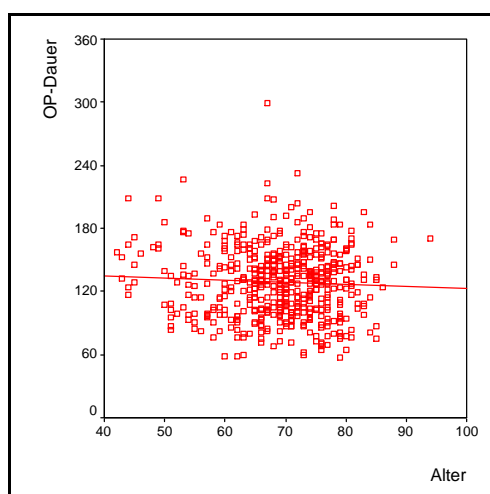


Abb. 5: Streudiagramm: OP-Dauer/Alter

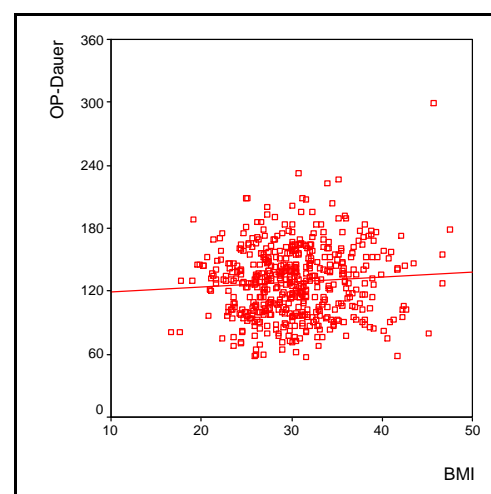


Abb. 6: Streudiagramm: OP-Dauer/BMI

Für den Zusammenhang zwischen OP-Dauer und BMI bzw. zwischen OP-Dauer und Alter ergab sich jedoch mittels Spearman-Test kein signifikantes Ergebnis (Tabelle 11, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben).

Tabelle 11: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Zusammenhang zw. OP-Dauer und Alter bzw. BMI

Korrelationen			BMI	ALTER	OPDAUER
Spearman-Rho	BMI	Korrelationskoeffizient	1,000	-,178**	,049
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,271
		N	511	511	511
	ALTER	Korrelationskoeffizient	-,178**	1,000	-,021
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,631
		N	511	511	511
	OPDAUER	Korrelationskoeffizient	,049	-,021	1,000
		Sig. (2-seitig)	,271	,631	.
		N	511	511	511

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

4.5 Zusammenhang zwischen Anästhesie-Zeit und BMI bzw. Alter

Die Zeit, in der der Patient durch das Anästhesie-Team zur OP vorbereitet wurde, variierte zwischen 20 Minuten und 135 Minuten. Der Mittelwert lag hier bei 51,74 min. Wie die folgenden beiden Streudiagramme veranschaulichen, steigt die für die Anästhesie benötigte Zeit sowohl mit dem BMI als auch mit dem Alter der Patienten.

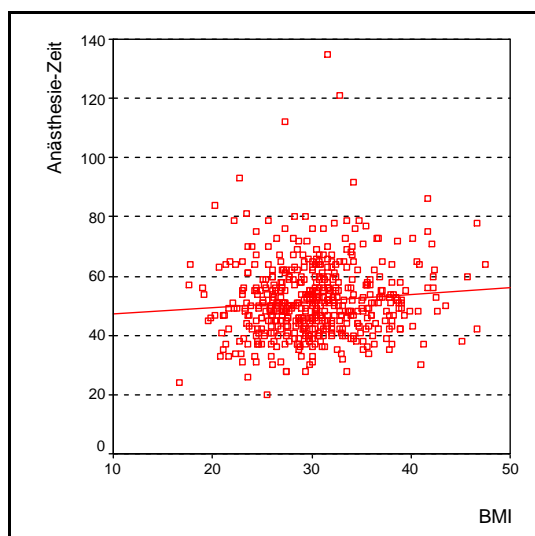


Abb. 7: Streudiagramm: Zusammenhang zwischen Anästhesie-Zeit und BMI

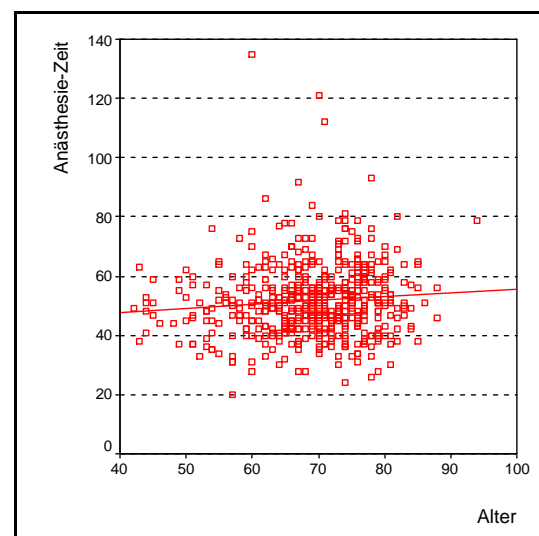


Abb. 8: Streudiagramm: Zusammenhang zwischen Anästhesie-Zeit und Alter

Es konnte in der Tat mittels Spearman-Test auch ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang zwischen einer längeren Anästhesie-Zeit und einem höheren BMI ($p = 0,047$) bzw. Lebensalter ($p = 0,024$) nachgewiesen werden. Beide Merkmale korrelieren nur schwach miteinander ($r = 0,088$ bzw $r = 0,100$; Tabelle 12, p-Werte fett gedruckt, Korrelationen rot hervorgehoben).

Tabelle 12: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Anästhesie-Zeit vs. BMI und Alter

Korrelationen					
			ANZEIT	ALTER	BMI
Spearman-Rho	ANZEIT	Korrelationskoeffizient	1,000	,100*	,088*
		Sig. (2-seitig)	.	,024	,047
		N	511	511	511
	ALTER	Korrelationskoeffizient	,100*	1,000	-,178**
		Sig. (2-seitig)	,024	.	,000
		N	511	511	511
	BMI	Korrelationskoeffizient	,088*	-,178**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,047	,000	.
		N	511	511	511

*. Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).
 **. Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

4.6 Blutkonservenverbrauch in Abhängigkeit von BMI und Lebensalter

Von 511 Patienten erhielten 9 Eigenblut (1,8 %). 418 Patienten (81,8 %) benötigten keine Blutkonserven, 82 Patienten (16 %) 1-2 Erythrozytenkonzentrate (EK) und nur 11 Patienten (2,2 %) mussten mehr als 2 Konserven verabreicht werden.

Tabelle 13: Übersicht: Verbrauch von Blutkonserven

Erfasste Patienten							
EK-Gruppe		Patienten					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
BMI	keine EKs	418	100,0%	0	,0%	418	100,0%
	1-2 EKs	82	100,0%	0	,0%	82	100,0%
	>2 EKs	11	100,0%	0	,0%	11	100,0%

Wie die nachfolgenden Boxplots zeigen, hatten Patienten, die keine Blutkonserven benötigten, im Median einen BMI von 30 und waren im Median 69 Jahre alt (siehe Abb. 9 und Abb. 10).

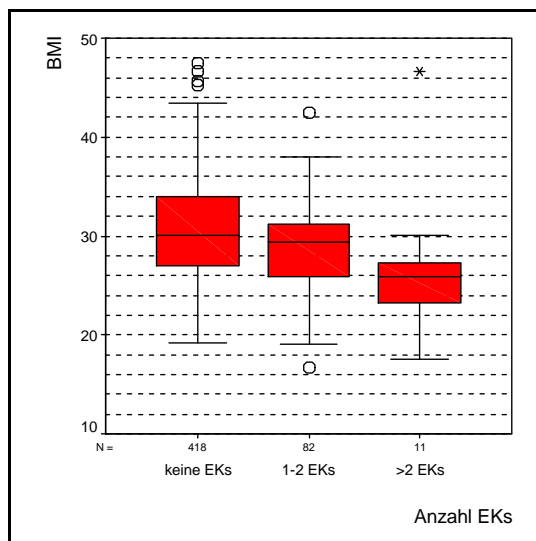


Abb. 9: Boxplot: BMI/ Verbrauch EKs

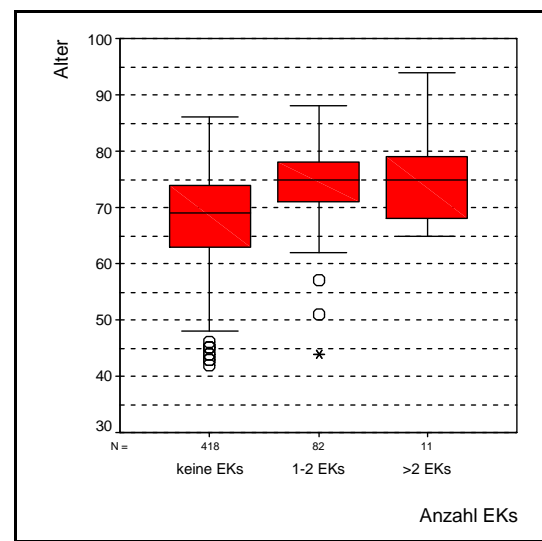


Abb. 10: Boxplot: Alter/Verbrauch EKs

Patienten, die 1-2 Konserven erhielten, waren 75 Jahre alt (Median) und wiesen einen BMI von 29,5 kg/m² (Median) auf.

Diejenigen Patienten, die mehr als 2 Erythrozytenkonzentrate verabreicht bekamen, hatten einen BMI von 26 kg/m² (Median) und ein Lebensalter von 75 Jahren (Median).

Es besteht somit ein hoch signifikanter Zusammenhang ($p = 0,001$) zwischen benötigten EKs und höherem Lebensalter ($b = 0,028$) (Tabelle 14, p-Wert fett gedruckt, Steigung grün hervorgehoben). Daraus kann geschlossen werden, dass pro Lebensjahr 0,028 EKs benötigt werden.

Es besteht ein ebenfalls hoch signifikanter Zusammenhang ($p = 0,001$) für einen niedrigeren BMI bei Patienten, die Blutkonserven benötigten ($b = - 0,028$, vgl. Tabelle 15).

Tabelle 14: Zusammenhang zwischen benötigten EKs und Alter

Koeffizienten ^a					
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta	
1	(Konstante)	-1,546	,325		,000
	ALTER	,028	,005	,260	,000

a. Abhängige Variable: EKS

Tabelle 15: Zusammenhang zwischen benötigten EKs und BMI

Koeffizienten ^a					
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta	
1	(Konstante)	1,271	,248		,000
	BMI	-,028	,008	-,154	,000

a. Abhängige Variable: EKS

Da nur jeweils 1 Patient von 511 ein Thrombozytenkonzentrat (Tabelle 16) bzw. Fresh Frozen Plasma (Tabelle 17) benötigte, wurde aufgrund der niedrigen Fallzahl auf eine weitere statistische Auswertung diesbezüglich verzichtet.

Tabelle 16: Übersicht: Verbrauch von Thrombozytenkonzentraten (TK)

TKS				
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	0	510	99,8	99,8
	1	1	,2	,2
	Gesamt	511	100,0	100,0

Tabelle 17: Übersicht: Verbrauch von Fresh Frozen Plasma (FFP)

FFPS					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	510	99,8	99,8	99,8
	6	1	,2	,2	100,0
	Gesamt	511	100,0	100,0	

4.7 Auftreten einer Thrombose in Abhängigkeit von BMI und Alter

Von den insgesamt 511 Patienten bestand bei 15 (2,9 %) während ihres stationären Aufenthaltes der Verdacht auf eine tiefe Venenthrombose (TVT).

Bei 5 Patienten (1 %) wurde der Verdacht sonographisch oder per Angiographie bestätigt, bei den übrigen 10 Patienten ausgeschlossen.

Wie im unten abgebildeten Boxplot (Abb. 11) zu sehen, liegt der BMI bei den insgesamt 15 Patienten, bei denen der Verdacht auf eine TVT bestand, im Median um ca. 2 BMI-Einheiten höher; auch der Mittelwert (Tabelle 18, rosa markiert) liegt fast 2 Einheiten über denjenigen Patienten, die keine Thrombose hatten.

Bezüglich der Abhängigkeit des Lebensalters zum Eintreten der Beschwerden zeigt der Boxplot in Abb. 12 keinen Unterschied, auch der Mittelwert weicht nur geringfügig ab.

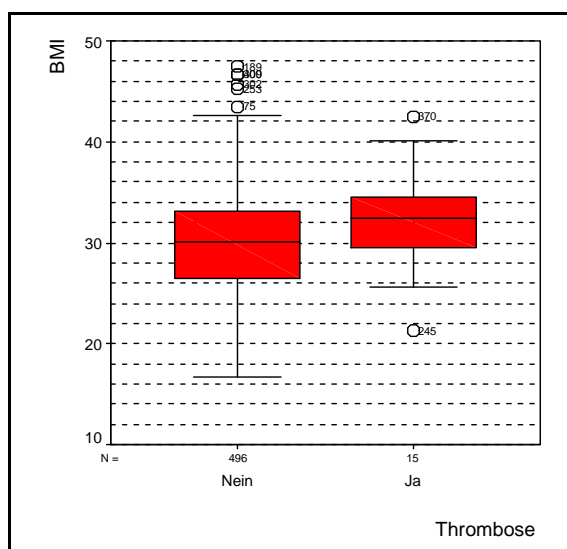


Abb. 11: Boxplot: BMI bei V.a.Thrombose

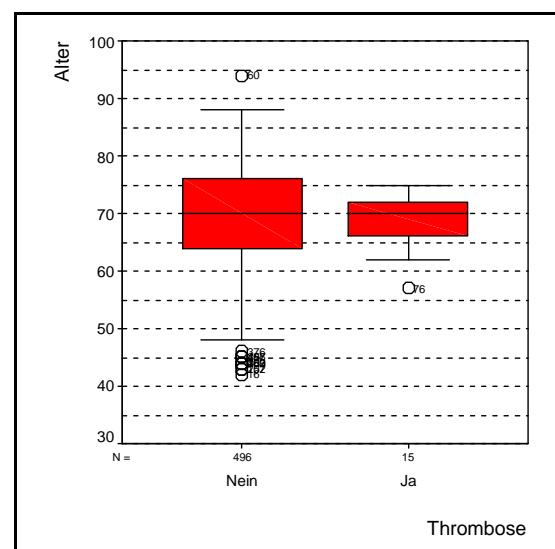


Abb. 12: Boxplot: Alter bei V.a.Thrombose

Tabelle 18: Mittlerer BMI bei Patienten mit V.a. Thrombose

Gruppenstatistiken					
Thrombose		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
BMI	Nein	496	30,1847	5,19098	,23308
	Ja	15	32,0888	5,38845	1,39129
ALTER	Nein	496	69,03	8,894	,399
	Ja	15	68,27	4,935	1,274

Wenn auch der Boxplot (Abb. 11) für Patienten mit V.a. TVT einen sichtbar höheren Median-BMI zeigte, so ergab jedoch der t-Test für unabhängige Stichproben keinen signifikanten Zusammenhang bezüglich der Höhe des BMIs bzw. bezüglich des Alters und dem Auftreten von thrombose-typischen Beschwerden, die zur Abklärung führten.

Der t-Test (Tabelle 19) zeigte auch bei Patienten mit nachgewiesener tiefer Venenthrombose keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem BMI bzw. dem Lebensalter und dem Auftreten einer Thrombose.

Tabelle 19: t-Test: Zusammenhang von BMI bzw. Alter für das Auftreten einer Thrombose

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Oberere
ALTER	Varianzen sind gleich	,527	,468	,665	509	,506	2,63	3,958	-5,144	10,41
	Varianzen sind nicht gleich			,853	4,132	,440	2,63	3,084	-5,825	11,09
BMI	Varianzen sind gleich	,710	,400	-,484	509	,629	-1,1311	2,33935	-5,727	3,465
	Varianzen sind nicht gleich			-,697	4,169	,523	-1,1311	1,62265	-5,565	3,303

4.8 Zusammenhang zwischen Auftreten eines Herzereignisses und BMI bzw. Alter

Insgesamt 20 Patienten (3,9 %) erlitten während ihres stationären Aufenthaltes ein akutes Koronarsyndrom, eine behandlungsbedürftige Herzrhythmusstörung oder eine dekompensierte Herzinsuffizienz. Für das Auftreten eines solchen Herzereignisses ergab sich im vorliegenden Patientenkollektiv ein im Median um 2 Punkte höherer BMI (vgl. Boxplot in Abb. 13). Der Mittelwert (vgl. Tabelle 20, rosa markiert), wich sogar um ca. 3 Punkte nach oben ab.

Das Alter differierte in beiden Gruppen um weniger als 1 Jahr (Mittelwert 68,97 vs. 69,80 Jahre).

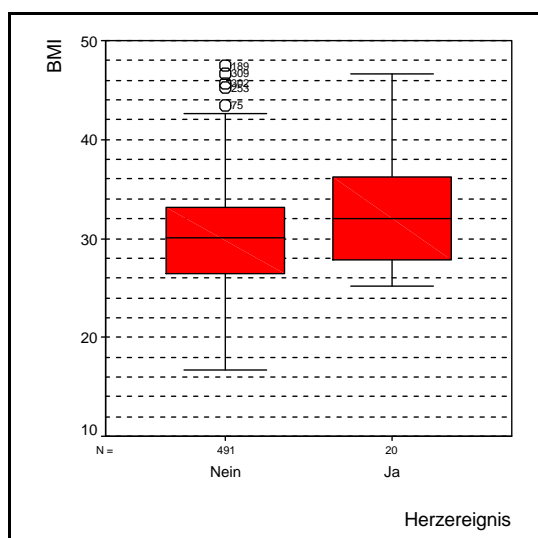


Abb. 13: Boxplot: BMI bei Eintritt Herzereignis

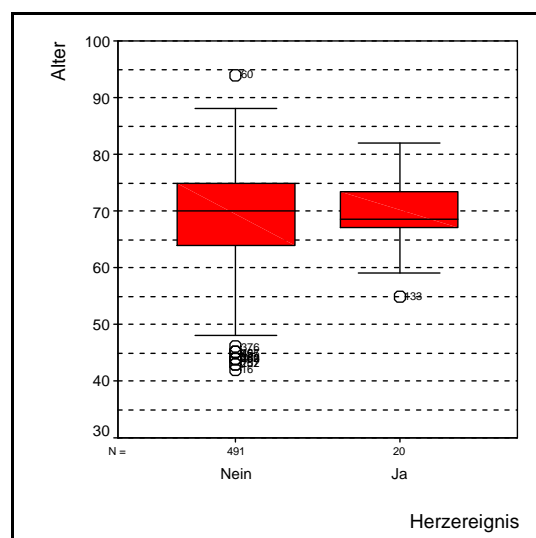


Abb. 14: Boxplot: Alter bei Eintritt Herzereignis

Tabelle 20: Mittlerer BMI bei Eintritt Herzereignis

Gruppenstatistiken					
	Herzereignis	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
BMI	Nein	491	30,1248	5,13091	,23155
	Ja	20	33,0849	6,19623	1,38552
ALTER	Nein	491	68,97	8,892	,401
	Ja	20	69,80	6,296	1,408

Im t-Test (Tabelle 21) ergab sich mit einem $p = 0,012$ ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Herzereignisses bei höherem BMI. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman ergab mit 0,087 einen schwachen Zusammenhang.

Bezüglich des Alters gab es keinen signifikanten Unterschied für das Auftreten eines Herzereignisses ($p = 0,681$).

Tabelle 21: t-Test: Zusammenhang von BMI bzw. Alter für das Auftreten eines Herzereignisses

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
BMI	Varianzen sind gleich	1,912	,167	-2,5	509	,012	-2,960	1,1804	-5,279	-,64109
	Varianzen sind nicht gleich			-2,1	20,1	,048	-2,960	1,4047	-5,890	-,03065
ALTER	Varianzen sind gleich	2,855	,092	-,411	509	,681	-,83	2,009	-4,774	3,121
	Varianzen sind nicht gleich			-,565	22,2	,578	-,83	1,464	-3,861	2,208

4.9 Begünstigung von Wundheilungsstörungen in Abhängigkeit von BMI und Alter

Während des stationären Aufenthaltes wurde bei 102 Patienten (19,96 %) eine Wundheilungsstörung festgestellt.

Der Boxplot weist für Patienten mit und ohne Wundheilungsstörungen kaum einen Unterschied bezüglich Alter oder BMI auf (Abb. 15 und Abb. 16).

Es fand sich auch im t-Test für die Mittelwertgleichheit kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Einfluss des BMI oder des Lebensalters auf die Entstehung einer Wundheilungsstörung.

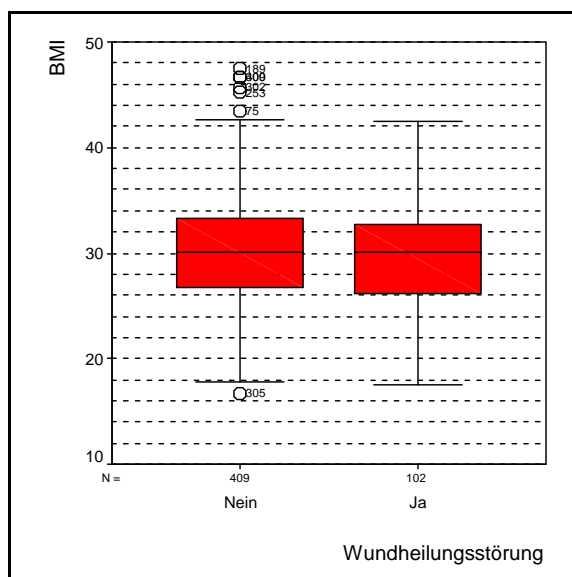


Abb. 15: Boxplot: BMI bei Eintritt Wundheilungsstörungen

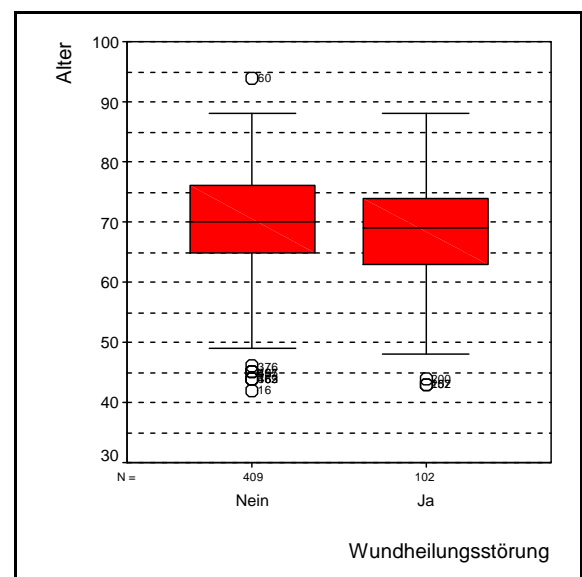


Abb. 16: Boxplot: Alter bei Eintritt Wundheilungsstörungen

4.10 Auftreten von Diabetes mellitus in Abhängigkeit von BMI und Lebensalter

92 (18 %) der untersuchten Patienten litten an einem Diabetes mellitus. Sie waren im Mittelwert ca. 3 Jahre älter als die Patienten ohne Diabetes-Erkrankung und hatten im Median einen um etwa 1 Einheit höheren BMI als Patienten ohne Diabetes mellitus (Boxplot Abb. 17), im Mittelwert ergaben sich für diese sogar knapp 2 Einheiten mehr (Tabelle 22, Mittelwert rosa dargestellt).

Tabelle 22: Mittleres Alter und mittlerer BMI bei Patienten mit Diabetes mellitus

Gruppenstatistiken					
	DIABETES	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
BMI	Nein	419	29,9349	5,07545	,24795
	Ja	92	31,6332	5,55924	,57959
ALTER	Nein	419	68,43	9,066	,443
	Ja	92	71,62	6,944	,724

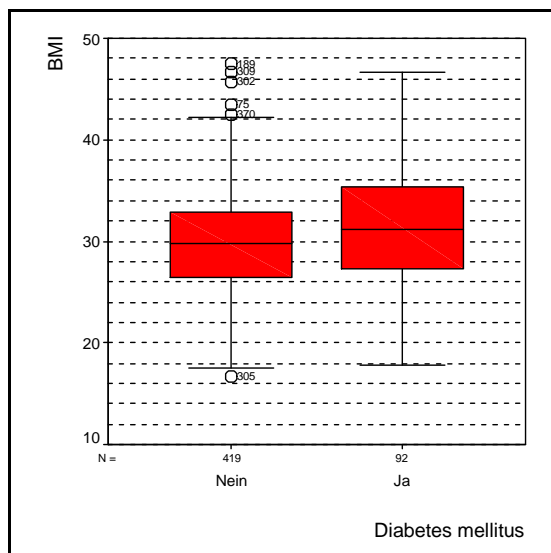


Abb. 17: Boxplot: BMI bei Patienten mit DM

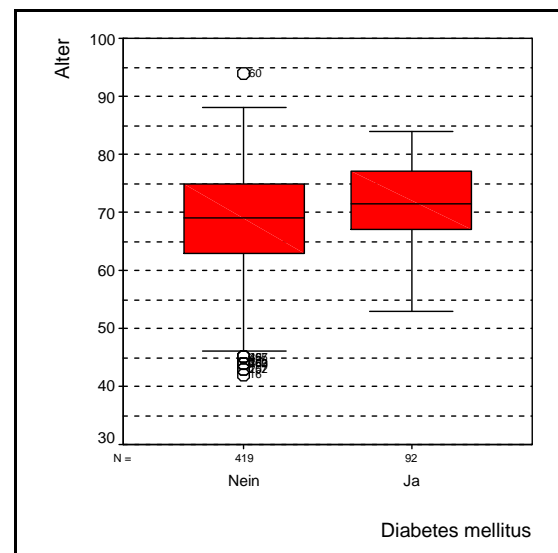


Abb. 18: Boxplot: Alter bei Patienten mit DM

Der nachfolgend dargestellte t-Test (Tabelle 23) zeigte mit einem $p = 0,004$ einen deutlich signifikanten Zusammenhang zwischen einem höheren BMI und dem Auftreten eines Diabetes mellitus. Auch ergab der Test ein signifikant höheres Lebensalter bei denjenigen Patienten, die an einem Diabetes mellitus erkrankt waren ($p = 0,001$).

Bei Werten von 0,118 (BMI) bzw. 0,134 (Alter) für den Korrelationskoeffizienten nach Spearman ergaben sich wieder schwache Zusammenhänge zwischen den Variablen.

Tabelle 23: t-Test: Zusammenhang von BMI bzw. Alter bei Diabetes mellitus

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
				F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
		Untere	Obere							
BMI	Varianzen sind gleich	1,729	,189	-2,86	509	,004	-1,6984	,59471	-2,867	-,52999
	Varianzen sind nicht gleich			-2,69	126,4	,008	-1,6984	,63040	-2,946	-,45087
ALTER	Varianzen sind gleich	6,836	,009	-3,17	509	,002	-3,19	1,004	-5,161	-1,214
	Varianzen sind nicht gleich			-3,76	166,8	,000	-3,19	,849	-4,863	-1,512

4.11 Verweildauer in Abhängigkeit von BMI und Lebensalter

Die Gesamtverweildauer betrug zwischen 3 Tagen und 44 Tagen (Abb. 19 und Abb. 20), wobei mehr als die Hälfte ($n = 302$) aller Patienten zwischen 13 und 15 Tagen stationär verblieben. Der Mittelwert für die Dauer des Krankenhausaufenthaltes betrug 14,67 Tage.

Bezüglich der Gesamt-Verweildauer und dem BMI bestand kein statistisch signifikanter Zusammenhang.

Mittels Spearman-Test (Tabelle 24, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben) konnte jedoch für die Verweildauer in Abhängigkeit vom Lebensalter mit einem $p\text{-Wert} = 0,004$ ein hochsignifikanter Zusammenhang bei einer schwachen Korrelation von 0,128 gesehen werden. Dies verdeutlicht auch der leichte Anstieg der Regressionsgeraden in Abb. 20.

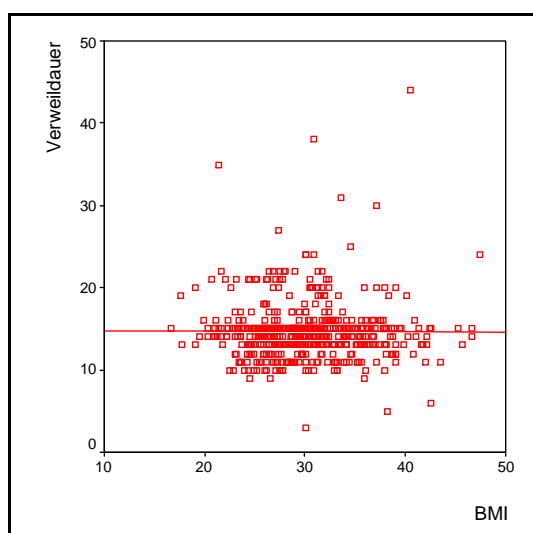


Abb. 19: Streudiagramm: Verweildauer/BMI

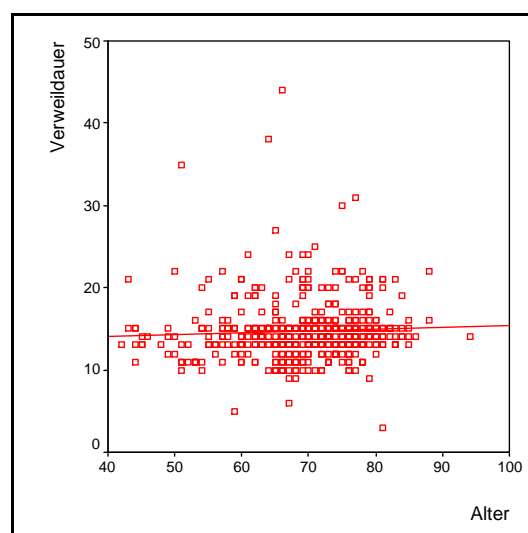


Abb. 20: Streudiagramm: Verweildauer/Alter

Tabelle 24: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Einfluss von BMI und Alter auf die Verweildauer

Korrelationen					
			ALTER	BMI	Verweildauer
Spearman-Rho	ALTER	Korrelationskoeffizient	1,000	-,178**	,128**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,004
		N	511	511	511
	BMI	Korrelationskoeffizient	-,178**	1,000	,000
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,991
		N	511	511	511
	Verweildauer	Korrelationskoeffizient	,128**	,000	1,000
		Sig. (2-seitig)	,004	,991	.
		N	511	511	511

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Da nur 3 von 511 Patienten auf der Intensivstation AN01 behandelt werden mussten, wurde aufgrund der extrem niedrigen Fallzahlen auf eine weitere statistische Auswertung verzichtet.

Tabelle 25: Übersicht: Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation

AN01					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	508	99,4	99,4	99,4
	1	2	,4	,4	99,8
	5	1	,2	,2	100,0
	Gesamt	511	100,0	100,0	

Weil die Mehrheit der Patienten (n = 494, 96,7 %) nur einen Tag auf der orthopädischen Wachstation O-06 verweilte und lediglich 12 Patienten (2,3 %) für insgesamt 2 oder 3 Tage bzw. 5 Patienten (ca. 1 %) gar nicht auf der O-06 überwacht wurden, wurde auch hier aufgrund der zu geringen Fallzahlen auf eine weitere statistische Auswertung der auf der Wachstation behandelten Patienten verzichtet.

Tabelle 26: Übersicht: Aufenthaltsdauer auf der orthopädischen Wachstation O-06

O06					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	0	5	1,0	1,0	1,0
	1	494	96,7	96,7	97,7
	2	9	1,8	1,8	99,4
	3	3	,6	,6	100,0
	Gesamt	511	100,0	100,0	

4.12 Anzahl der Comorbiditäten in Abhängigkeit von BMI und Alter

Nur 77 der 511 Patienten (15,1 %) hatten keine weitere relevante Erkrankung. Etwa die Hälfte aller Patienten (n = 296, 57,9 %) hatten 1-3 weitere Erkrankungen. 138 Patienten (27 %) litten an 4 oder mehr zusätzlichen Erkrankungen.

Wie die Regressionsgeraden der Punktediagramme in Abb. 21 und Abb. 22 verdeutlichen, schien die Anzahl der Begleiterkrankungen im Zusammenhang mit einem höheren BMI bzw. einem höheren Lebensalter zu stehen.

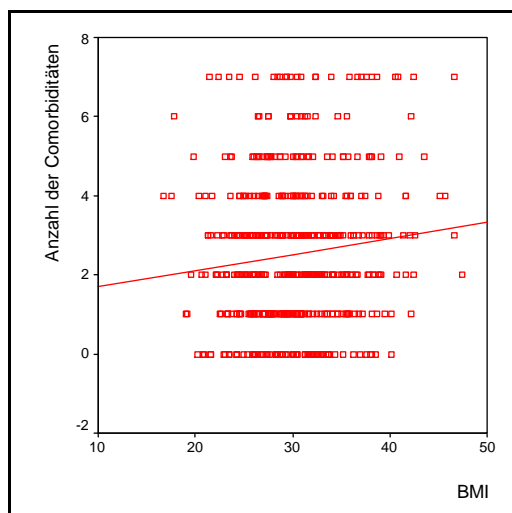


Abb. 21: Streudiagramm: Einfluss des BMI auf die Anzahl der Comorbiditäten

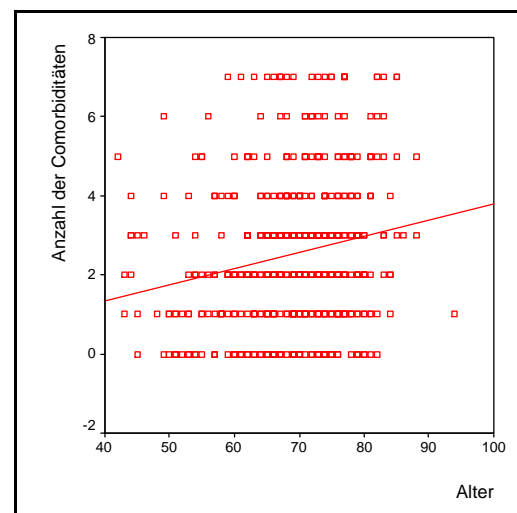


Abb. 22: Streudiagramm: Einfluss des Alters auf die Anzahl der Comorbiditäten

Die Anzahl der Comorbiditäten stieg statistisch signifikant mit steigendem BMI ($p=0,013$) (Tabelle 27) und mit dem Lebensalter ($p= 0,001$) (Tabelle 28).

Tabelle 27: Einfluss des BMI auf die Anzahl der Comorbiditäten

Koeffizienten ^a					
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta	
1	(Konstante)	1,314	,495		,008
	BMI	,040	,016	,110	,013

a. Abhängige Variable: ANZ_COMO

Tabelle 28: Einfluss des Alters auf die Anzahl der Comorbiditäten

Koeffizienten ^a					
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta	
1	(Konstante)	-,267	,655		,684
	ALTER	,041	,009	,187	,000

a. Abhängige Variable: ANZ_COMO

Das Bestimmtheitsmaß r^2 mit 0,012 ergab jedoch für den BMI als Einflussvariable auf die Anzahl der Comorbiditäten und einem r^2 von 0,035 für den Einfluss des Alters wieder nur schwache Korrelationen.

Eine perfekte Korrelation läge bei einem $r^2 = 1$, bei einem $r^2 = 0$ korrelieren die Variablen nicht.

Ähnlich hohe Signifikanzen, wie in Tabelle 27 und Tabelle 28 zu sehen, zeigte auch der Spearman-Test (Tabelle 29, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben) mit einem $p = 0,001$ für die Anzahl der Comorbiditäten in Abhängigkeit vom Alter (bei einer schwachen Korrelation von $r = 0,189$) und einem $p = 0,052$ in Abhängigkeit vom BMI (ebenfalls schwach korrelierend mit $r = 0,086$).

Tabelle 29: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: BMI bzw. Alter vs. Anzahl der Comorbiditäten

Korrelationen			ALTER	BMI	ANZ_COMO
Spearman-Rho	ALTER	Korrelationskoeffizient	1,000	-,178**	,189**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000
		N	511	511	511
	BMI	Korrelationskoeffizient	-,178**	1,000	,086
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,052
		N	511	511	511
	Anz. Comorb.	Korrelationskoeffizient	,189**	,086	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,052	.
		N	511	511	511

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

4.13 ASA-Wert im Zusammenhang mit BMI und Lebensalter:

Für jeweils 2 Patienten konnte ein ASA-Wert von 0 bzw. 4 vergeben werden. 17 Patienten (3,3 %) hatten einen Wert von 1. Die Mehrheit der Patienten erlangte Werte von ASA 2 oder 3 (287 bzw. 203 Patienten entsprechend 56,16 % bzw. 39,2 %).

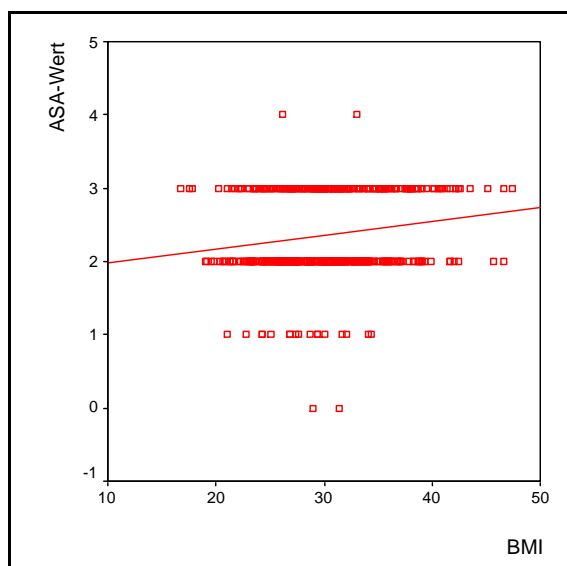


Abb. 23: Streudiagramm: ASA-Wert/BMI

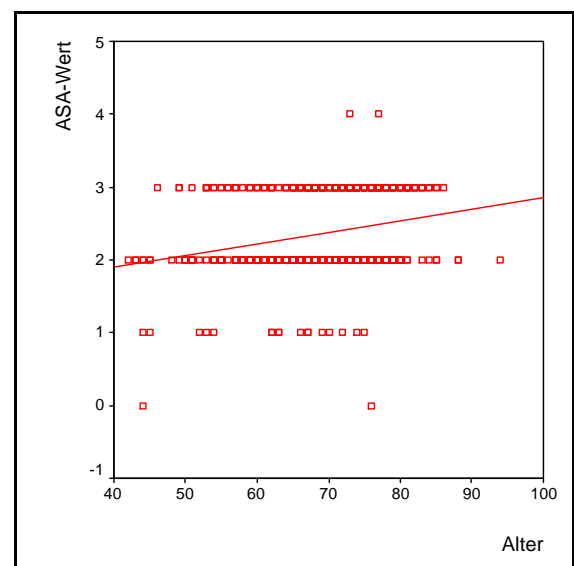


Abb. 24: Streudiagramm: ASA-Wert/Alter

Mit einem $p = 0,001$ für den Rangkorrelationskoeffizienten im Test nach Spearman (Tabelle 30, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben) ergab sich ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang zwischen höheren ASA-Werten und höherem BMI bzw. Alter bei jeweils schwacher Korrelation von Werten um die 0,2 für r .

Tabelle 30: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: BMI bzw. Alter vs. ASA-Wert

Korrelationen					
			ALTER	BMI	ASA_WERT
Spearman-Rho	ALTER	Korrelationskoeffizient	1,000	-,178**	,238**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000
		N	511	511	511
	BMI	Korrelationskoeffizient	-,178**	1,000	,166**
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,000
		N	511	511	511
	ASA-Wert	Korrelationskoeffizient	,238**	,166**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	.
		N	511	511	511

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

4.14 Anzahl der Konsile in Abhängigkeit von BMI und Alter

Die Mehrheit der Patienten (82,8 %) benötigte während des Krankenhausaufenthaltes kein Konsil ($n = 423$). Von den 88 Patienten (17,22 %), bei denen Konsiliaruntersuchungen angefordert wurden, benötigten 50 nur eine solche Untersuchung (9,8 %), 20 hatten zwei Konsile (3,9 %), 10 Patienten (ca. 2 %) drei Konsile und lediglich 8 Patienten (1,6 %) vier oder mehr.

Wie der Trend der Regressionsgeraden in den nachfolgenden Streudiagrammen der Abb. 25 und Abb. 26 vermuten lässt, bestätigte der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman, dass ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang (bei schwacher Korrelation) zwischen einer höheren Anzahl an durchgeführten Konsilen – sowohl für einen höheren BMI als auch für das steigende Lebensalter – bestand (Tabelle 31, p-Werte fett gedruckt, Korrelationskoeffizienten rot hervorgehoben).

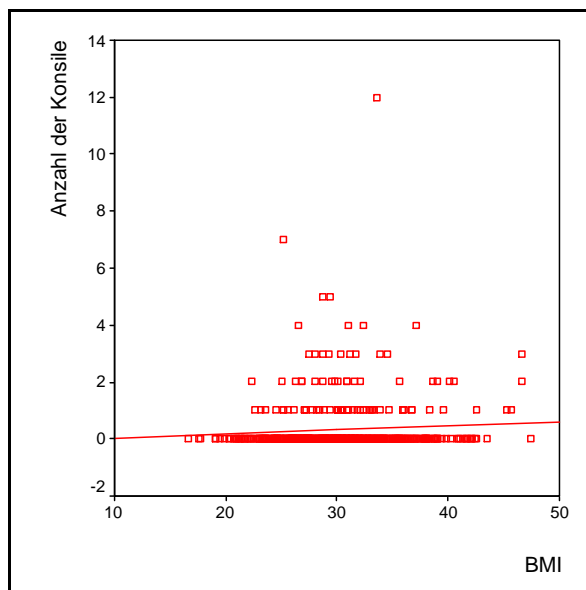


Abb. 25: Streudiagramm: Anzahl Konsile/BMI

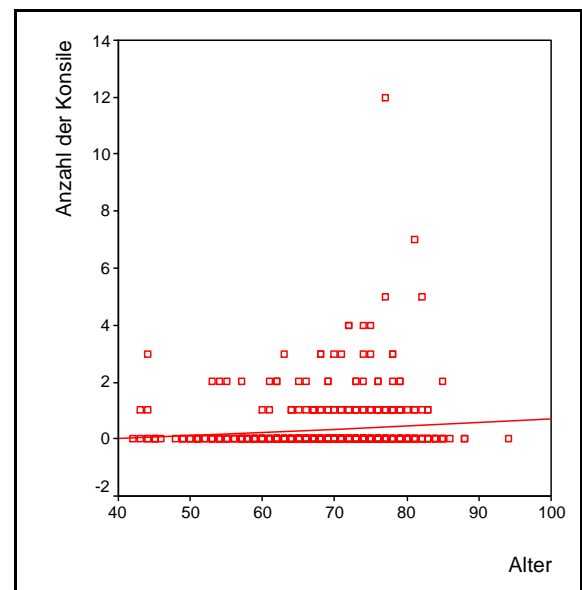


Abb. 26: Streudiagramm: Anzahl Konsile/Alter

Tabelle 31: Spearman-Rangkorrelationskoeffizient: Zusammenhang zw. Alter bzw. BMI und Anzahl der Konsilen

Korrelationen					
			ALTER	BMI	KONSILE
Spearman-Rho	ALTER	Korrelationskoeffizient	1,000	-,178**	,125**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,005
		N	511	511	511
	BMI	Korrelationskoeffizient	-,178**	1,000	,098*
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,027
		N	511	511	511
	KONSILE	Korrelationskoeffizient	,125**	,098*	1,000
		Sig. (2-seitig)	,005	,027	.
		N	511	511	511

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

4.15 Verwendete Prothesentypen in Abhängigkeit vom BMI

353 Patienten (69,1 %) erhielten eine Interax[®]- Prothese, 55 (10,8 %) eine Triathlon[®]-Kniesystem-Prothese und 93 Patienten (18,2 %) eine monokondyläre Oberflächenendoprothese vom Typ Zimmer Miller Galante II.

6 Patienten wurden mit der seltener verwendeten GSB-Prothese bzw. 4 mit sonstigen Prothesentypen versorgt.

Obwohl es im Boxplot (Abb. 27) und der Varianzanalyse (Tabelle 32) Hinweise auf einen bestehenden Zusammenhang zwischen verwendeten Prothesentypen und BMI gab, konnte in der Post-Hoc-Testung mittels Scheffé-Prozedur (Tabelle 33) kein statistisch signifikantes Ergebnis gesehen werden.

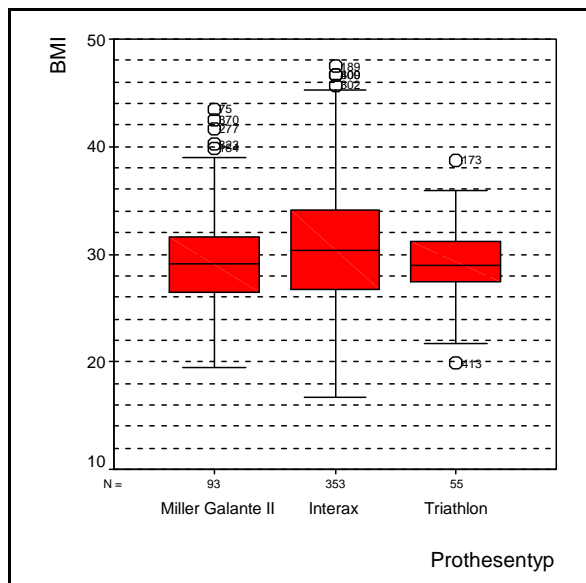


Abb. 27: Boxplot: Prothesentypen vs. BMI

Tabelle 32: Varianzanalyse

ONEWAY ANOVA					
BMI					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	180,737	2	90,369	3,384	,035
Innerhalb der Gruppen	13298,244	498	26,703		
Gesamt	13478,981	500			

Tabelle 33: Post-Hoc-Testung: Scheffé-Prozedur für Prothesentypen in Abhängigkeit vom BMI

Mehrfachvergleiche						
Abhängige Variable: BMI						
Scheffé-Prozedur						
(I) Prothesentyp	(J) Prothesentyp	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifikanz	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Miller Galante II	Interax	-1,1240	,60231	,176	-2,6027	,3548
	Triathlon	,4491	,87900	,878	-1,7090	2,6072
Interax	Miller Galante II	1,1240	,60231	,176	-,3548	2,6027
	Triathlon	1,5731	,74911	,111	-,2661	3,4122
Triathlon	Miller Galante II	-,4491	,87900	,878	-2,6072	1,7090
	Interax	-1,5731	,74911	,111	-3,4122	,2661

5 Diskussion

5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Das Durchschnittsalter der Patienten, die sich einem Kniegelenkersatz unterzogen, lag bei 69 Jahren mit einer Abweichung von $\pm 8,8$ Jahren. Im Mittel betrug der Krankenhausaufenthalt 14,67 Tage.

Frauen hatten im Mittel ein Körpergewicht von 79,79 kg bei einer Größe von 1,61 m, Männer von 90,56 kg bei 1,74 m im Mittel.

Nur 13 % der männlichen Patienten hatten einen BMI von $<25 \text{ kg/m}^2$, 45 % einen BMI von 25 bis 29 kg/m^2 , 29 % einen BMI von 30 bis 34 kg/m^2 und 13 % einen BMI von 35 kg/m^2 oder mehr, also galten 87 % aller Männer als übergewichtig bzw. adipös.

Bei den Frauen hatten lediglich 16 % einen BMI von $< 25 \text{ kg/m}^2$ und galten somit als normalgewichtig, 28 % einen BMI von 25 bis 29 kg/m^2 , 35 % einen BMI von 30 bis 34 kg/m^2 und 21 % einen BMI von 35 kg/m^2 oder mehr, was einem Anteil von 84 % übergewichtiger bzw. adipöser Frauen entspricht.

Der Median für den BMI bei den weiblichen Patienten lag bei ca. $30,5 \text{ kg/m}^2$, der Mittelwert bei $30,62 \text{ kg/m}^2$. Der Medianwert der Männer lag bei ca. 29 kg/m^2 , der Mittelwert bei $29,58 \text{ kg/m}^2$.

Der BMI nahm signifikant mit steigendem Lebensalter ab.

Ein höherer BMI war signifikant assoziiert mit einer längeren Anästhesie-Zeit, einem gehäuftem Auftreten von Herzereignissen und Diabetes mellitus, mit vermehrten Begleiterkrankungen, höheren ASA-Werten und mehr benötigten Konsilen.

Es zeigte sich, dass ein höherer BMI in der Gesamtpopulation noch signifikant mit einem höheren DRG-Erlös einherging. Getrennt nach Geschlecht ergab sich für die männlichen Patienten keine signifikante Korrelation zwischen DRG-Erlös und BMI, für die Frauen war der Spearman-Test mit einem p-Wert von 0,002 hoch signifikant.

Ein niedrigerer BMI war signifikant assoziiert mit einem erhöhten Bedarf an Erythrozytenkonzentraten.

Ein höheres Alter war signifikant assoziiert mit einer längeren Anästhesie-Zeit, Mehrbedarf an EKs, vermehrtem Auftreten eines Diabetes mellitus, längerer

Verweildauer, höherer Anzahl der Begleiterkrankungen, höheren ASA-Werten und mehr benötigten Konsilen.

Wenn auch in allen oben genannten Fällen statistisch signifikante Ergebnisse gezeigt werden konnten, so fiel dabei stets auf, dass die Variablen nur schwach miteinander korrelierten.

Keine signifikanten Zusammenhänge fanden sich zwischen BMI bzw. Alter und der OP-Dauer bzw. dem Erleiden einer tiefen Venenthrombose oder einer Wundheilungsstörung. Auch fehlten signifikante Zusammenhänge für die Beziehung zwischen dem Eintreten eines Herzereignisses und dem Alter sowie für die Verweildauer im Bezug auf den BMI.

5.2 Kritische Betrachtung der Ergebnisse, Stärken und Schwächen der Studie

Bei den oben genannten Ergebnissen darf nicht übersehen werden, dass zwar statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen im Bezug auf die Variable BMI bzw. Lebensalter gefunden wurden, diese allerdings stets nur schwach miteinander korrelierten. Dies bedeutet auch, dass diese Variablen, d. h. der BMI oder das Lebensalter, nicht der einzige einflussausübende Faktor sein konnten und andere, bislang noch unbekannte, Faktoren ebenfalls Einfluss auf die Zusammenhänge nehmen. Somit kann auch nicht angenommen werden, dass alleinig der BMI oder das Lebensalter für beispielsweise die längere Anästhesie-Zeit oder das vermehrte Auftreten von Diabetes mellitus verantwortlich gemacht werden können.

Bezüglich der Anästhesie-Zeit etwa ist zu beachten, dass diese aus der Zeit zwischen der Einschleusung des Patienten und dem OP-Beginn errechnet wurde. Somit wären auch Wartezeiten innerhalb dieser Zeit möglich, die nicht separat erfasst und ggf. bereinigt werden konnten und die möglicherweise die echten Zeiten verfälschen. Andererseits müssten sich solche Wartezeiten bei der entsprechend hohen Fallzahl dieser Studie auch wieder nivellieren, wenn es sich dabei nicht um einen systematischen Fehler handelt.

Zudem ist sowohl bei der Anästhesie-Zeit als auch bei der OP-Dauer zu beachten, dass die Universitätsklinik Homburg ein Lehrkrankenhaus ist und mitunter längere Zeiten durch die Anleitung von Studenten bzw. Ärzten in Aus- und Weiterbildung bedingt sind. (48;91)

Weitere Limitationen ergeben sich auch aus der Art der Datenerhebung an sich.

Die Daten wurden entsprechend dem retrospektiven Studiendesign den Patientenakten entnommen, etwaige Fehler bei Eintragungen bzw. unvollständige Eintragungen sind somit nur schwer zu eruieren und zu korrigieren. So lässt sich auch keine Aussage über die richtige und vollständige Kodierung der Nebendiagnosen treffen. Fehler hier würden verständlicherweise zu verzerrten Ergebnissen führen. Mont et al. fanden heraus, dass Begleiterkrankungen und Komplikationen nach Kniegelenkersatz häufig nicht korrekt kodiert werden. (76)

Zudem stammen die erhobenen Daten aus einem Zeitraum, in dem sich das DRG-System in Deutschland noch etablieren und weiterentwickeln musste.

Franz et al. beschreiben den Wandel und die Anpassung des G-DRG-Systems in der Orthopädie und Unfallchirurgie. Für 2007 sei erstmals eine Überarbeitung der Schweregradbeeinflussung von Nebendiagnosen vorgenommen worden. Zudem sei ein Zusatzcode „chirurgische Komplexbehandlung bei schweren Infektionen“ eingeführt worden, um den besonderen Aufwand dieser Behandlung kalkulierbar zu machen. Weiterhin habe es eine Zunahme der DRG-Differenzierungen in Abhängigkeit vom Patientenalter und patientenbezogenem Gesamtschweregrad (PCCL) gegeben. Neben den spezifisch kodierten operativen Eingriffen hätten nun auch sekundäre Differenzierungskriterien wie Nebendiagnosen eine große Bedeutung erhalten. (36)

Für 2008 hätten sich weitere Anpassungen in der Schweregradrelevanz der Nebendiagnosen, besonders bei unspezifischen internistischen Diagnosen ergeben. Die spezifische Kodierung jedoch sei gerade in chirurgischen Fachbereichen durch mangelnde Informationen zu internistischen Begleiterkrankungen in der Praxis schwer umzusetzen. Insgesamt sei aber die Abbildungsqualität verbessert worden. (37)

2009 habe, vergleichbar zum Vorjahr, die Umstrukturierung zur Identifikation von Fallkonstellationen mit hohem Ressourcenverbrauch im Mittelpunkt gestanden. Für häufige Fallkonstellationen, zu denen auch die Standardendoprothetik gehöre, nehme das DRG-System bereits sach- und leistungsgerechte Fallzuordnungen und Vergütungen vor. Hier sei bereits eine gute Abbildungsqualität mit einer sach- und leistungsgerechten Refinanzierung gegeben. Für seltenere oder komplexere Fallkonstellationen bestehe noch erheblicher Weiterentwicklungsbedarf. (42)

Auch 2010 hätten sach- und leistungsgerechte Abbildung komplexer und aufwendiger Fallkonstellationen im Mittelpunkt der Umstrukturierungen gestanden, etwa die

Zusatzentgeltdifferenzierung für Blutprodukte. Inhaltliche Verbesserungen würden erlauben, das DRG-System zu einem sehr präzisen Vergütungssystem auszubauen, das mit einer hohen Genauigkeit komplexe und weniger komplexe Fallkonstellationen differenzieren könne. Trotzdem seien auch als Folge der Umstrukturierungen Ungenauigkeiten zu finden. (38)

Wie im Vorjahr hätten auch 2011 wieder die sach- und leistungsgerechte Abbildung komplexer und aufwendiger Fallkonstellationen im Mittelpunkt der Umstrukturierungen gestanden, so beispielsweise die Umstrukturierung des Kodes für chirurgisches Wunddébridement, um hierbei den unterschiedlichen Ressourcenverbrauch besser differenzieren zu können. Die Standardeingriffe würden in vielen Bereichen bereits mit hoher Abbildungsqualität sachgerecht berücksichtigt. Für spezifische Teilgebiete wie der Revisionsendoprothetik gebe es jedoch weiterhin relevanten Optimierungsbedarf. (39)

Veränderungen im Jahr 2012 hätten sich, die Diagnosen betreffend, in der Kodierung komplikativer Behandlungsverläufe ergeben, beispielsweise dem Kodieren von Wundheilungsstörungen, Endoprothesenlockerungen oder postoperativen Blutungen als Comorbiditäten bzw. Nebendiagnosen. Auch Veränderungen im OPS System würden auf möglichst exakte inhaltliche Beschreibung und gegenseitige Abgrenzung zielen, als Voraussetzung für sach- und leistungsgerechte Abbildung unterschiedlicher orthopädischer Leistungen. Das Spektrum zur Differenzierung der Leistungsbereiche in den Hauptdiagnosen erscheine zum gegenwärtigen Zeitpunkt ausreichend. Die DRG-Systementwicklung erscheine mittlerweile weitgehend konsolidiert. (41)

Einer Zwischenbilanz des Weiterentwicklungsprozesses der Systemversionen 2004-2014 zufolge sei durch zahlreiche Modifikationen die Abbildungsqualität des Fachs Orthopädie und Unfallchirurgie deutlich verbessert worden. Durch differenziertere Fallzuordnungen seien komplexe Leistungen aufgewertet und weniger komplexe abgewertet worden. Allerdings fänden sich auch in der Version 2014 noch einige Verbesserungsnotwendigkeiten wie beispielsweise präzise und trennscharf formulierte OPS-Prozeduren und ICD-Diagnosen. Nur durch eine vollständige und korrekte Kodierung könne eine sachgerechte Fallzuordnung sichergestellt werden, was zudem auch die Datengrundlage für die Kalkulation zukünftiger DRG-Systeme schaffe. (40)

Die in dieser Studie verwendeten Daten entstammen den Jahren 2004 bis 2007. Dies entspricht gerade der Anfangsphase des G-DRG-Systems. Wie oben aufgeführt sind jedoch gerade in den Jahren danach viele strukturelle und inhaltliche Änderungen am G-DRG vorgenommen worden. Daher könnten sich die in dieser Studie gewonnenen

Ergebnisse natürlich völlig anders darstellen, wenn man nun aktuellere Daten und Systemversionen zu Grunde legen würde.

Bedingt durch die alljährlichen Veränderungen und Weiterentwicklungen des Systems innerhalb des in dieser Arbeit abgebildeten Zeitraumes selbst ist eine Heterogenität bezüglich des Kodierens einerseits und der DRG-Gruppierung andererseits zu erwarten, was den Vergleich und die Interpretation der Ergebnisse erschwert. Es wäre interessant, eine erneute Auswertung mit aktuellen Daten durchzuführen und mit den innerhalb dieser Arbeit erhobenen Daten zu vergleichen, nachdem das G-DRG-System nun schon viele Jahre Bestand hat und sich Franz et al. zufolge die Abbildungsqualität erhöht habe. (40)

Des Weiteren lässt sich nicht eruieren, ob es bereits präklinisch oder präoperativ zu einer Selektion des Patientengutes kam.

Da der BMI aus den in der Patientenakte verzeichneten Größen- und Gewichtsangaben errechnet wurde, ist es auch möglich, dass dieser selbst fehlerbehaftet ist. Häufig werden Größe und Gewicht vom Patienten im Aufnahmegespräch nur erfragt und nicht nachgemessen, weshalb Rundungsfehler durch den Patienten hier möglich sind. Dies ist zu vermuten, da bei den Längenangaben häufiger eine Null, eine Fünf oder gerade Zahlen auf zweiter Nachkommastelle stehen, wohingegen die statistische Wahrscheinlichkeit für alle Zahlen von Null bis Neun gleich groß sein müsste. Auch Berghöfer et al. beschreiben in ihrem Review, dass in Studien, in denen der BMI durch die Studienteilnehmer selbst angegeben und nicht nachgemessen wurde, zu einer Unterschätzung der Adipositas führen. Bezüglich des Körpergewichtes wurden in der vorliegenden Arbeit nur ganze Zahlen ohne Nachkommastelle erfasst, weshalb hier ein Auf- oder Abrunden dringend angenommen werden muss. (9)

Des Weiteren wird immer wieder diskutiert, ob nun der BMI selbst überhaupt ein adäquates Maß für die Adipositas darstellt. Kritiker beschreiben, dass er gerade im mittleren BMI-Bereich kaum zwischen fettfreier Masse bzw. vermehrter Muskelmasse oder Fettmasse unterscheiden könne. Gerade auch bei den alten Menschen sei der BMI ungenau. Der BMI könne am besten die Extreme erfassen, nämlich Menschen mit einem $\text{BMI} \geq 30$ und $< 20 \text{ kg/m}^2$. (87)

Dies bedeutet, dass die vorliegenden Ergebnisse durch die prognostische Ungenauigkeit im Mittelfeld des BMI verzerrt sein können und man so nicht exakt zuordnen kann, wann Übergewicht und Körperfett tatsächlich ursächlich sind für die

gefundenen Zusammenhänge oder fehlende Zusammenhänge nicht wirklich auf Adipositas zurückzuführen sind, sondern die Patienten einfach nur „gesünder“ und muskulöser waren. Zudem wäre die Aussagekraft, dass ein Patient tatsächlich adipös ist größer, wenn man zusätzlich zum BMI weitere Maße zur Erfassung der Adipositas und Kategorisierung der Patienten angewendet hätte. Hier könnte man sich beispielsweise dem Körperfettanteil, Bauchumfang oder Taille-Hüftverhältnis bedienen, um die tatsächlich adipösen Patienten herauszufiltern. Dies war jedoch durch das retrospektive Studiendesign nicht möglich.

Auch Patel und Albrizio kommen zu dem Ergebnis, dass der BMI nicht das alleinige geeignete Mittel sei, um Voraussagen bezüglich der Zunahme kurzfristiger Komplikationen nach Kniegelenkersatz zu machen. (81)

Die Ergebnisse könnten weiterhin auch dadurch verfälscht sein, dass sich die ausgewählte Kohorte im mittleren BMI-Bereich gesünder oder kränker darstellt, als die durchschnittliche Bevölkerung.

Leider konnte nicht eruiert werden, inwieweit die Kosten für adipöse Patienten tatsächlich oberhalb des erwirtschafteten Erlöses liegen. Es wäre interessant, dies im Rahmen eines veränderten und prospektiven Studiendesigns und der Möglichkeit, die dem Klinikum entstandenen Gesamtkosten detailliert zu erheben, genauer zu erforschen.

Eine aktuelle Studie von Popken et al. beschreibt ein Modell, anhand dessen Kliniken ihre Einzelkosten besser nachvollziehen können. Für dieses Modell wurden unter anderem Verweildauer, Schnitt-Naht-Zeiten, Sachkosten im OP-Bereich und Verweildauer auf Intensivstation von 49 konsekutiven Patienten der Klinik und Poliklinik für Orthopädie der Universität zu Köln aus dem Jahre 2001 erfasst. Dieses Vorgehen ist vergleichbar mit der Vorgehensweise in dieser Arbeit. Nachdem die Leistungsinhalte des Behandlungspfades definiert wurden, wurde der qualitative und quantitative Ressourcenverbrauch ermittelt, bei dem nach Personal- und Sachleistungen differenziert wurde. Die Daten wurden durch Auswertung von Unterlagen oder durch Ist-Erhebung gewonnen, ähnlich des in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Vorgehens. Dem so abgebildeten Ressourcenverbrauch wurden dann differenziert die durchschnittlichen Kosten pro Ressourceneinheit, also Personalkosten je Minute und Sachkosten je Einheit, zugeordnet. So konnten in der Studie von Popken et al. beispielsweise pro Intubationsnarkose Sachmittelkosten von Euro 76,69 und Personalkosten je OP-Minute von Euro 1,84 ermittelt werden. Durch Erfassung der

perioperativen Zeiten konnten die Autoren benötigtes Personal und Personalkosten ermitteln. Auch für die postoperative Phase konnten die Personalkosten für ärztlichen Dienst, Pflegekräfte und Physiotherapie ermittelt werden. (83)

Hier zeigt sich eine Limitation dieser Arbeit, da es in Rahmen des Studiendesigns nicht möglich war, so detailliert vorzugehen. Auch Popken et al. beschreiben, dass sie mit ihren Daten zur Leistungsbeschreibung und Kostenerfassung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sondern Leistungen und Kosten vielmehr beispielhaft und veranschaulichend darstellend wollten. Sie ließen beispielsweise Nebenerkrankungen unberücksichtigt, da diese den Leistungsprozess sehr unterschiedlich beeinflussen. Auch administrative Personalzeiten, Verwaltungskosten oder die nicht-medizinische Versorgung der Patienten blieben unberücksichtigt. (83)

5.3 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

Die vorliegende Arbeit zeigte, dass Patienten mit einem höheren BMI vermehrt an Diabetes mellitus litten, mehr Begleiterkrankungen sowie eine höhere Rate an Herzereignissen hatten, mehr Konsile und eine längere Zeit zur anästhesiologischen Vorbereitung auf die Operation benötigten und in höhere ASA-Stufen eingruppiert wurden. In der Konsequenz kann festgehalten werden, dass Patienten mit einem höheren BMI also statistisch gesehen kränker sind als Patienten mit einem niedrigeren BMI.

Patienten mit höherem BMI erzielten durchschnittlich höhere DRG-Erlöse – obwohl der BMI selbst nicht kodiert werden konnte und das Kodieren der Adipositas keinen Mehrerlös erzielte.

Die oben genannten Fakten sprechen **für einen insgesamt höheren Ressourcenverbrauch und somit höheren zu erwartenden Gesamtkosten in der Behandlung der übergewichtigen Patienten** im Vergleich zu einem Kollektiv mit normalem BMI.

Ob Adipositas tatsächlich mit höheren gesundheitsökonomischen Kosten einhergeht, wird in der gängigen Literatur jedoch kontrovers diskutiert:

In einer Studie von Dowsey et al. zeigte sich, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen Adipositas und höheren Kosten während des stationären Aufenthaltes gab. Es gab keine signifikanten Unterschiede bezüglich der OP-Zeit und der Verweildauer. Dies entspricht auch den in der vorliegenden Arbeit beschriebenen

Ergebnissen. Auch bei Dowsey et al. zeigte sich eine erhöhte Rate an unerwünschten Ereignissen. Die dort beschriebene höhere Komplikationsrate bei adipösen Patienten deckt sich jedoch nicht mit den hier vorliegenden Ergebnissen. (23)

Im Gegensatz dazu fanden Batsis et al. heraus, dass ein höherer BMI nicht mit höheren Kosten einherging. Batsis' Ergebnisse decken sich mit den vorliegenden Ergebnissen in der Feststellung, dass ein höherer BMI nicht mit einer längeren Verweildauer einherging. (7) Diese Ergebnisse werden bekräftigt durch weitere Ergebnisse von Batsis et al., die aus einer Untersuchung von Patienten nach Implantation von primären elektiven Hüftendoprothesen stammen. Auch dort kam man zum Ergebnis, dass der BMI nicht im Zusammenhang mit höheren Gesamtkosten steht. (8)

Batsis et al. beschrieben desweiteren, dass in ihrem Patientengut ein höherer BMI mit längeren Anästhesie- und OP-Zeiten einherging und die Patienten einen höheren Charlson-Komorbiditätsindex hatten. Liabaud et al. beschrieben, dass bezüglich der OP-Dauer und dem BMI eine signifikante positive lineare Korrelation besteht. (7;69) Auch in der vorliegenden Studie wurden längere Anästhesiezeiten und vermehrte Begleiterkrankungen beobachtet, nicht jedoch längere OP-Zeiten.

Die Kosten für den ärztlichen Dienst und Operationskosten stiegen bei Batsis et al. mit höherer BMI-Kategorie. Dennoch waren die Gesamt-Kosten für Anästhesie und OP-Saal ähnlich. (7)

Bei Dowsey et al. zeigte sich, dass es keinen Unterschied bezüglich der durch Komplikationen oder unerwünschte Ereignisse entstandenen Mehrkosten machte, ob ein Patient normal- oder übergewichtig war. (23)

Kim differenziert in seiner Untersuchung zwischen Kosten für die Pflege des Patienten und Gesamtkrankenhauskosten, die u.a. auch Arztgehälter einschließen. Die Gesamtkosten bei Adipösen versus Normalgewichtigen unterscheiden sich nicht signifikant, im Gegensatz zu den Pflegekosten. Er postuliert daher, dass die Gesamtkosten nicht notwendigerweise den Ressourcenverbrauch widerspiegeln. Seine Ergebnisse zeigen, dass die steigenden Grade des Übergewichtes mit höherem Ressourcenverbrauch assoziiert sind, wobei speziell die Patienten mit Adipositas permagna wesentlich mehr Ressourcen konsumieren. Dies sei sogar dann der Fall, wenn sie gleiche Prozedurencodes und gleiche DRG-Codes gehabt hatten. (63)

Somit bleibt offen, ob die innerhalb dieser Studie mit höherem BMI assoziierten höheren Erlöse den Ressourcenverbrauch adäquat abdecken. Es konnten im Rahmen dieser

Studie keine Personalkosten oder Personalzeiten aufgeschlüsselt werden, auch Materialkosten und Kosten für Verbrauchsgüter wie beispielsweise Verbandsmaterialien oder Medikamente wurden nicht ermittelt.

Die speziell im Behandlungsspektrum der operativen Orthopädie zu erwartenden Komplikationen wie eine erhöhte Rate an Wundheilungsstörungen und tiefen Venenthrombosen oder ein erhöhter Ressourcenverbrauch durch längere OP-Zeiten scheinen in der vorliegenden Arbeit untersuchten Kollektiv nicht in einem statistisch nachweisbaren Zusammenhang mit einem erhöhten BMI zu stehen.

Auch die Untersuchungen von Bordini et al. konnten keinen Zusammenhang zwischen erhöhten Komplikationsraten und dem BMI feststellen. Weder für intra-operative Komplikationen, noch für lokale oder allgemeine post-operative Komplikationen bestand ein signifikanter Zusammenhang zum BMI. (14)

Miric et al. beschreiben zwar einen Trend zum vermehrten Auftreten spezifischer postoperativer Komplikationen bei schwereren Patienten, aber die Unterschiede wurden statistisch nicht signifikant. Sie postulieren, dass die BMI-Gruppierung zur Definition von Übergewicht und Adipositas die Patienten nicht exakt in höhere bzw. niedrigere Risikogruppen unterteilt. (75)

Stern und Insall beobachteten, dass Wundkomplikationen annähernd gleichmäßig über die Gewichtsgruppen verteilt waren. Es bestand keine Korrelation zwischen diesen Komplikationen und dem relativen Gewicht. Sie konnten auch keine klare Assoziation zwischen tiefen Venenthrombosen und Adipositas in ihrem Patientengut feststellen. (95)

Diese Aussagen bekräftigen somit die innerhalb dieser Studie gewonnenen Ergebnisse.

Im Review von Gillespie und Porteous zum Thema „Adipositas und Kniegelenkserersatz“ wird beschrieben, dass es von Winiarsky et al. hinlänglich bewiesen wurde, dass die Patienten mit Adipositas permagna einem höheren Risiko für Wundheilungsstörungen, Infektionen oder einem Abriss des medialen Seitenbandes ausgesetzt seien und die schlechteren postoperativen Ergebnisse erzielten. Allerdings sei die Situation bezüglich übergewichtiger oder adipöser Patienten weitaus unsicherer. Hawker et al. zufolge gebe es aber weder durch Adipositas noch das Lebensalter negativen Auswirkungen auf das postoperative Ergebnis. (47)

Liabaud et al. fanden für Patienten mit Adipositas Grad III eine höhere Rate an frühen post-operativen Komplikationen. (69)

Suleiman et al. fanden weder für Patienten nach Knie- noch nach Hüft-TEP bezüglich der perioperativen Komplikationsraten einen statistischen Unterschied innerhalb der BMI-Gruppen. (98)

Dowsey et al. diskutieren in ihrem Review über die in der Literatur konträren Ergebnisse bezüglich des Zusammenhanges von Adipositas und erhöhten Komplikationsraten in der Endoprothetik. Sie bemerken, dass gerade diejenigen Studien, die für einen Zusammenhang zwischen Adipositas und Komplikation sprechen, deutlich größere Stichprobenumfänge aufweisen, als diejenigen, die keine Zusammenhänge fanden. So hatten Studien, die einen Zusammenhang zwischen Adipositas und Komplikationen zeigten, Stichprobenumfänge von 512 bis zu 3309, wohingegen die Studien, die keinen Zusammenhang fanden, 130, 370 und 800 Teilnehmer hatten.(22)

Dieses Ergebnis ist nicht verwunderlich, da große Stichproben bekanntermaßen kleine Unterschiede eher und deutlicher aufzeigen.

Der in dieser Studie gewählte Stichprobenumfang von mehr als 500 Teilnehmern ist somit möglicherweise noch zu klein, um Zusammenhänge zwischen Adipositas und Komplikationen herauszuarbeiten.

In der in dieser Arbeit beschriebenen Studie ergab sich interessanterweise auch ein Aspekt, unter dem sich ein höherer BMI sogar, sowohl für den Patienten als auch aus wirtschaftlichen Erwägungen, vorteilhaft darstellen konnte. So benötigten Patienten mit höherem BMI signifikant weniger Erythrozytenkonzentrate. Dies zeigte sich auch in den Ergebnissen von Batsis et al. Carling et. al. beschreiben einen niedrigen BMI sogar als Risikofaktor für einen hohen Blutverlust und der Notwendigkeit einer Bluttransfusion. (7;16)

Es konnte in der hier vorliegenden Arbeit ferner gezeigt werden, dass in den meisten Fällen, in denen statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen einer bestimmten Variablen und dem BMI gefunden wurden, auch ein signifikanter Zusammenhang im Bezug auf ein höheres Lebensalter festzustellen war.

Dies konnte für eine längere Anästhesie-Zeit, für ein erhöhtes Auftreten eines Diabetes mellitus, eine höhere Anzahl an Comorbiditäten, einem vermehrten Bedarf an Konsilen und einer höheren ASA-Einstufung gezeigt werden.

Zudem konnte bei der Verweildauer zwar kein Zusammenhang mit dem BMI gesehen werden, wohl aber signifikante Zusammenhänge im Bezug auf das Lebensalter.

In 20 Jahren werden 20 % der Bevölkerung der meisten Industrienationen über 65 Jahre alt sein. Die älteren Patienten sind aus medizinischer Sichtweise betrachtet komplex: Sie tragen eine große Last an chronischen Erkrankungen, sind gebrechlich und haben Beeinträchtigungen in Sehen, Hören, Kognition und Mobilität. Die alternde Bevölkerung stellt somit eine große Herausforderung für die Gesundheitspolitik und Gesundheitskosten dar. (104)

Bettelli beschreibt, dass mehr als die Hälfte aller Patienten > 70 Jahre an einem Gebrechen und 30 % an zwei oder mehr Gebrechen leiden. (10)

Wu et al. zufolge steigt die Anzahl an Begleiterkrankungen mit dem Alter an. In der Gruppe der über 85-Jährigen lag die Inzidenz an Patienten mit fünf oder mehr Begleiterkrankungen bei 3,65 % versus 1,09 % bei der Referenzgruppe mit 55-64 Jahren. (109)

In einer Studie von Mantilla et al. konnte gezeigt werden, dass die perioperativen Komplikationen Myokardinfarkt, Lungenembolie und Tod bei älteren Patienten häufiger auftraten, insbesondere bei Patienten über 70 Jahren. (72)

Auch Higuera et al. kamen zu dem Ergebnis, dass das Alter, aber nicht der BMI, ein guter Prädiktor für das Auftreten von frühen Komplikationen nach Knie- und Hüftgelenkersatz ist. Pro 10 Lebensjahre steige die Wahrscheinlichkeit, eine Komplikation zu erleiden, um 40%. (57)

Auch diese Untersuchungen bestätigen die im Rahmen der vorliegenden Studie erzielten Ergebnisse.

Möglicherweise ist also gar nicht, wie eingangs postuliert, der adipöse Patient derjenige, der aus wirtschaftlichen Gründen für die Klinik problematisch ist, sondern vielmehr der ältere Patient.

5.4 Schlussfolgerung

Die innerhalb des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Patientengutes im Bezug auf adipöse und ältere Patienten und deren Begleiterkrankungen erzielten Ergebnisse sind in vielen Bereichen ähnlich der Ergebnisse, die in großen Kohortenstudien erzielt wurden und stehen somit im Einklang mit der gängigen Lehrmeinung.

Der übergewichtige und der alternde Mensch sind in den letzten Jahren auch aus gesundheitsökonomischer Perspektive vermehrt in den Fokus der Medizin gerückt - Übergewicht wird bereits als Epidemie bezeichnet. (4;9;11;59;67;80;98;99)

Der in den vorliegenden Ergebnissen mit höherem BMI assoziierte höhere DRG-Erlös ist am ehesten durch die mit höherem BMI vermehrt einhergehenden Comorbiditäten zu erklären. (20;51;59)

Im deutschen DRG-System ist der nach Krankheitsgrad des Patienten unterschiedliche Ressourcenverbrauch grundsätzlich darstellbar. Kienapfel et al. weisen allerdings eindringlich auf die Notwendigkeit der korrekten Kodierung von Haupt- und Nebendiagnosen hin, um eine dem Schweregrad angemessene erlösrelevante DRG zu erreichen. (61)

Auch wenn der BMI allein nicht kodiert werden kann und die Adipositas beim Gruppieren keinen zusätzlichen Erlös erbringt, so ist jedoch indirekt über das Kodieren der Comorbiditäten ein Mehrerlös zu erzielen, um den durch Diagnostik und Therapie der Begleiterkrankungen bedingten gesteigerten Ressourcenverbrauch theoretisch auszugleichen. Dabei spielt es wohl allenfalls eine untergeordnete Rolle, ob der Patient übergewichtig bzw. adipös ist oder nicht.

Ob übergewichtige bzw. adipöse Patienten nun tatsächlich mehr Ressourcen verbrauchen und einem erhöhten Risiko von Komplikationen und unerwünschten Ereignissen ausgesetzt sind, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht mit Sicherheit entschieden werden; auch die aktuelle Literatur bleibt dahin gehend ohne Konsens.

Unter der Voraussetzung, dass die durch Comorbiditäten erzielten Mehrerlöse den erhöhten Ressourcenverbrauch auch tatsächlich ausgleichen, ist es im wirtschaftlichen Sinne für die Kliniken jedoch unproblematisch, übergewichtige Patienten mit Knieendoprothesen zu versorgen, sofern der korrekten und gewissenhaften Kodierung von Diagnosen und Prozeduren genügend Aufmerksamkeit geschenkt wird.

6 Literaturverzeichnis

Reference List

- (1) Abdel MP, Bonadurer GF 3rd, Jennings MT, Hanssen AD. Increased Aseptic Tibial Failures in Patients With a BMI =35 and Well-Aligned Total Knee Arthroplasties. J Arthroplasty 2015 December;30(12):2181-4.
- (2) Albrecht S, le BR, Cordis R, Kleihues H, Gill C. [Effects of continuous cryotherapy on the surgically traumatized musculoskeletal system. Perioperative Cryotherapy Study Group]. Unfallchirurgie 1996 August;22(4):168-75.
- (3) Albrecht S, le BR, Kohler V, Cordis R, Gill C, Kleihues H, Schluter S, Noack W. [Cryotherapy as analgesic technique in direct, postoperative treatment following elective joint replacement]. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1997 January;135(1):45-51.
- (4) Allen SR. Total knee and hip arthroplasty across BMI categories: a feasible option for the morbidly obese patient. J Surg Res 2012 June 15;175(2):215-7.
- (5) Andreyeva T, Sturm R, Ringel JS. Moderate and severe obesity have large differences in health care costs. Obes Res 2004 December;12(12):1936-43.
- (6) AOK. DRGs - Das Krankenhaus-Vergütungssystem mit Fallpauschalen. http://www.aok-gesundheitspartner.de/bund/krankenhaus/drg/2012/index_07056.html. 2012.
- (7) Batsis JA, Naessens JM, Keegan MT, Huddleston PM, Wagie AE, Huddleston JM. Body mass index and the impact on hospital resource use in patients undergoing total knee arthroplasty. J Arthroplasty 2010 December;25(8):1250-7.
- (8) Batsis JA, Naessens JM, Keegan MT, Wagie AE, Huddleston PM, Huddleston JM. Impact of body mass on hospital resource use in total hip arthroplasty. Public Health Nutr 2009 August;12(8):1122-32.
- (9) Berghofer A, Pischon T, Reinhold T, Apovian CM, Sharma AM, Willich SN. Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. BMC Public Health 2008;8:200.
- (10) Bettelli G. Preoperative evaluation in geriatric surgery: comorbidity, functional status and pharmacological history. Minerva Anesthesiol 2011 June;77(6):637-46.
- (11) Bitton R. The economic burden of osteoarthritis. Am J Manag Care 2009 September;15(8 Suppl):S230-S235.
- (12) Bizzini M, Boldt J, Munzinger U, Drobny T. [Rehabilitation guidelines after total knee arthroplasty]. Orthopade 2003 June;32(6):527-34.

-
- (13) Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 2010 January;18(1):24-33.
- (14) Bordini B, Stea S, Cremonini S, Viceconti M, De PR, Toni A. Relationship between obesity and early failure of total knee prostheses. *BMC Musculoskeletal Disord* 2009;10:29.
- (15) Bridgman SA, Walley G, MacKenzie G, Clement D, Griffiths D, Maffulli N. Subvastus approach is more effective than a medial parapatellar approach in primary total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee* 2009 June;16(3):216-22.
- (16) Carling MS, Jeppsson A, Eriksson BI, Brisby H. Transfusions and blood loss in total hip and knee arthroplasty: a prospective observational study. *J Orthop Surg Res* 2015 March 28.
- (17) Carr AJ, Robertsson O, Graves S, Price AJ, Arden NK, Judge A, Beard DJ. Knee replacement. *Lancet* 2012 April 7;379(9823):1331-40.
- (18) Changulani M, Kalairajah Y, Peel T, Field RE. The relationship between obesity and the age at which hip and knee replacement is undertaken. *J Bone Joint Surg Br* 2008 March;90(3):360-3.
- (19) Denis M, Moffet H, Caron F, Ouellet D, Paquet J, Nolet L. Effectiveness of continuous passive motion and conventional physical therapy after total knee arthroplasty: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2006 February;86(2):174-85.
- (20) Denisov LN, Nasonova VA, Koreshkov GG, Kashevarova NG. [Role of obesity in the development of osteoarthrosis and concomitant diseases]. *Ter Arkh* 2010;82(10):34-7.
- (21) Dettoni F, Bonasia DE, Castoldi F, Bruzzone M, Blonna D, Rossi R. High tibial osteotomy versus unicompartmental knee arthroplasty for medial compartment arthrosis of the knee: a review of the literature. *Iowa Orthop J* 2010;30:131-40.
- (22) Dowsey MM, Choong PF. Early outcomes and complications following joint arthroplasty in obese patients: a review of the published reports. *ANZ J Surg* 2008 June;78(6):439-44.
- (23) Dowsey MM, Liew D, Choong PF. Economic burden of obesity in primary total knee arthroplasty. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011 October;63(10):1375-81.
- (24) Effenberger H, Rehart S, Zumstein MD, Schuh A. Financing in knee arthroplasty: a benchmarking analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008 December;128(12):1349-56.
- (25) Enloe LJ, Shields RK, Smith K, Leo K, Miller B. Total hip and knee replacement treatment programs: a report using consensus. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996 January;23(1):3-11.
- (26) Epstein AM, Read JL, Hoefler M. The relation of body weight to length of stay and charges for hospital services for patients undergoing elective surgery: a study of two procedures. *Am J Public Health* 1987 August;77(8):993-7.

-
- (27) Feeley BT, Gallo RA, Sherman S, Williams RJ. Management of osteoarthritis of the knee in the active patient. *J Am Acad Orthop Surg* 2010 July;18(7):406-16.
 - (28) Fleßa S. Geschichte der Krankenhausfinanzierung. Grundzüge der Krankenhausbetriebslehre. 1 ed. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH; 2007. p. 135-6.
 - (29) Fleßa S. Grundlagen Finanzierung. Grundzüge der Krankenhausbetriebslehre. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH; 2007. p. 119.
 - (30) Fleßa S. Grundlagen Finanzierung. Grundzüge der Krankenhausbetriebslehre. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH; 2007. p. 114-5.
 - (31) Flugsrud GB, Nordsletten L, Reinholt FP, Risberg MA, Rydevik K, Uhlig T. [Osteoarthritis]. *Tidsskr Nor Laegeforen* 2010 November 4;130(21):2136-40.
 - (32) Folmann NB, Bossen KS, Willaing I, Sorensen J, Andersen JS, Ladelund S, Jorgensen T. Obesity, hospital services use and costs. *Adv Health Econ Health Serv Res* 2007;17:319-32.
 - (33) Foran JR, Mont MA, Etienne G, Jones LC, Hungerford DS. The outcome of total knee arthroplasty in obese patients. *J Bone Joint Surg Am* 2004 August;86-A(8):1609-15.
 - (34) Foran JR, Mont MA, Rajadhyaksha AD, Jones LC, Etienne G, Hungerford DS. Total knee arthroplasty in obese patients: a comparison with a matched control group. *J Arthroplasty* 2004 October;19(7):817-24.
 - (35) Franklin J, Ingvarsson T, Englund M, Lohmander LS. Sex differences in the association between body mass index and total hip or knee joint replacement resulting from osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2009 April;68(4):536-40.
 - (36) Franz D, Kaufmann M, Siebert CH, Windolf J, Roeder N. [Orthopedic and trauma surgery in the German DRG System 2007]. *Unfallchirurg* 2007 March;110(3):270-80.
 - (37) Franz D, Kaufmann M, Siebert CH, Windolf J, Roeder N. [Orthopedic and trauma surgery in the German DRG system 2008]. *Unfallchirurg* 2008 April;111(4):268-76.
 - (38) Franz D, Schemmann F, Roeder N, Mahlke L. [Financing of inpatient orthopedics and trauma surgery in the G-DRG system 2010]. *Unfallchirurg* 2010 August;113(8):682-9.
 - (39) Franz D, Schemmann F, Roeder N, Siebert H, Mahlke L. [Financing of inpatient orthopaedics and trauma surgery in the 2011 G-DRG System.]. *Unfallchirurg* 2011 August 10.
 - (40) Franz D, Schemmann F, Selzer DD, Auhuber T, Gehweiler D, Roeder N, Siebert H, Mahlke L. Quality of case allocation of orthopedics and trauma surgery in the 2004 and 2014 versions of the German DRG system. An interim assessment of the development process]. *Unfallchirurg* 2014 October;117(10):946-56.

-
- (41) Franz D, Schemmann F, Selter DD, Wirtz DC, Roeder N, Siebert H, Mahlke L. [Orthopedic and trauma surgery in the German DRG system. Recent developments]. Unfallchirurg 2012 July;115(7):656-62.
- (42) Franz D, Windolf J, Siebert CH, Roeder N. [Orthopedic and trauma surgery in the German-DRG-System 2009]. Unfallchirurg 2009 January;112(1):84-90.
- (43) Frosch KH, Wittner B. Endoprothese bei Gonarthrose, Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU). 2009 Jun.
- (44) Fuchs S, Gierse H, Maaz B. [Is GSB knee prosthesis implantation for patellar problems still justifiable? Experiences and results based on 230 implanted GSB knee joint prostheses]. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1993 September;131(5):425-30.
- (45) Gandhi R, Razak F, Davey JR, Mahomed NN. Metabolic syndrome and the functional outcomes of hip and knee arthroplasty. J Rheumatol 2010 September;37(9):1917-22.
- (46) Gandhi R, Wasserstein D, Razak F, Davey JR, Mahomed NN. BMI Independently Predicts Younger Age at Hip and Knee Replacement. Obesity (Silver Spring) 2010 April 8.
- (47) Gillespie GN, Porteous AJ. Obesity and knee arthroplasty. Knee 2007 March;14(2):81-6.
- (48) Göbel P, Piesche K., Randau T, Wimmer MD, Wirtz DC, Gravius S. Is surgical education associated with additional costs? A controlled economic study on the German DRG System for primary TKA. Z Orthop Unfall 2013 April;151(2):189-93.
- (49) Gschwend N, Ivosevic-Radovanovic D. Proven and nonproven facts in knee arthroplasty. Results with the semiconstrained GSB-prosthesis. Arch Orthop Trauma Surg 1988;107(3):140-7.
- (50) Gschwend N, Siegrist H. [The GSB knee joint: reoperation and infections]. Orthopade 1991 June;20(3):197-205.
- (51) Haslam DW, James WP. Obesity. Lancet 2005 October 1;366(9492):1197-209.
- (52) Hauck K, Hollingsworth B. The impact of severe obesity on hospital length of stay. Med Care 2010 April;48(4):335-40.
- (53) Healy WL, Iorio R, Richards JA, Lucchesi C. Opportunities for control of hospital costs for total joint arthroplasty after initial cost containment. J Arthroplasty 1998 August;13(5):504-7.
- (54) Healy WL, Rana AJ, Iorio R. Hospital economics of primary total knee arthroplasty at a teaching hospital. Clin Orthop Relat Res 2011 January;469(1):87-94.
- (55) Herold G und Mitarbeiter. Innere Medizin - Eine vorlesungsorientierte Darstellung. 2005. p. 599-602.

-
- (56) Heseker H, Schmid A. [Epidemiology of obesity]. *Ther Umsch* 2000 August;57(8):478-81.
- (57) Higuera CA, Elsharkawy K, Klika AK, Brocone M, Barsoum WK. 2010 Mid-America Orthopaedic Association Physician in Training Award: predictors of early adverse outcomes after knee and hip arthroplasty in geriatric patients. *Clin Orthop Relat Res* 2011 May;469(5):1391-400.
- (58) Hirschmann MT, Hoffmann M, Krause R, Jenabzadeh RA, Arnold MP, Friederich NF. Anterolateral approach with tibial tubercle osteotomy versus standard medial approach for primary total knee arthroplasty: does it matter? *BMC Musculoskelet Disord* 2010;11:167.
- (59) James PT. Obesity: the worldwide epidemic. *Clin Dermatol* 2004 July;22(4):276-80.
- (60) Kentner M. Berufskrankheiten Meniskopathie und Gonarthrose – Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks. Gibt es ein belastungskonformes Schadensbild? *Der medizinische Sachverständige* 2008 June;06-2008:228.
- (61) Kienapfel H, Griss P, Hinrichs F. [DRG based development of revenues in orthopaedic surgery. A comparison on the development of cost weights and average lengths of hospital stay in Germany (G-DRG V1.0) and in Australian teaching hospitals (AR-DRG 4.1)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003 May;141(3):261-71.
- (62) Kim S. Changes in surgical loads and economic burden of hip and knee replacements in the US: 1997-2004. *Arthritis Rheum* 2008 April 15;59(4):481-8.
- (63) Kim SH. Morbid obesity and excessive hospital resource consumption for unilateral primary hip and knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2010 December;25(8):1258-66.
- (64) Kim SH, Gaiser S, Meehan JP. Epidemiology of primary hip and knee arthroplasties in Germany: 2004 to 2008. *J Arthroplasty* 2012 December;27(10):1777-82.
- (65) Klusmann A, Gebhardt H, Nubling M, Liebers F, Quiros PE, Cordier W, von Engelhardt LV, Schubert M, David A, Bouillon B, Rieger MA. Individual and occupational risk factors for knee osteoarthritis: results of a case control study in Germany. *Arthritis Res Ther* 2010 May 14;12(3):R88.
- (66) Kohn D. Orthopädische Eingriffe an den Extremitäten und am Becken-Kniegelenk, distales Femur und proximale Tibia. In: Kohn D, Pohlemann T, editors. *Operationsatlas für die orthopädisch-unfallchirurgische Weiterbildung*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York; 2010. p. 109-19.
- (67) Krummenauer F, Wolf C, Gunther KP, Kirschner S. Clinical benefit and cost effectiveness of total knee arthroplasty in the older patient. *Eur J Med Res* 2009;14:76-84.
- (68) Kurth B-M., Mensink G, Schienkiewitz A S-NC. Erste Ergebnisse aus der „Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland“ (DEGS). *Bundesgesundheitsblatt* 2012;55:980-90.

-
- (69) Liabaud B, Patrick DA, Jr., Geller JA. Higher Body Mass Index Leads to Longer Operative Time in Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty* 2012 November 7.
- (70) Längen M, Rath T. Auswirkungen der deutschen DRG-Einführung in Deutschland - Internationale Erfahrungen im Überblick. In: Rau F RNHPH, editor. *Auswirkungen der DRG-Einführung in Deutschland - Standortbestimmung und Perspektiven*. 1. Auflage 2009 ed. W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart; 2009. p. 131-3.
- (71) Lutzner J, Kasten P, Gunther KP, Kirschner S. Surgical options for patients with osteoarthritis of the knee. *Nat Rev Rheumatol* 2009 June;5(6):309-16.
- (72) Mantilla CB, Horlocker TT, Schroeder DR, Berry DJ, Brown DL. Frequency of myocardial infarction, pulmonary embolism, deep venous thrombosis, and death following primary hip or knee arthroplasty. *Anesthesiology* 2002 May;96(5):1140-6.
- (73) McKenzie S, Torkington A. Osteoarthritis - management options in general practice. *Aust Fam Physician* 2010 September;39(9):622-5.
- (74) Merle C, Aldinger P R. Endoprothetik des Kniegelenkes, Gonarthrose. In: Krukemeyer M G, Möllenhoff G, editors. *Endoprothetik*. Walter de Gruyter GmbH und Co.KG Berlin; 2009.
- (75) Miric A, Lim M, Kahn B, Rozenthal T, Bombick D, Sculco TP. Perioperative morbidity following total knee arthroplasty among obese patients. *J Knee Surg* 2002;15(2):77-83.
- (76) Mont MA, Mears SC, Jones LC, Rajadhyaksha AD, Krackow AM, Bawa M, Hungerford DS. Is coding of diagnoses, comorbidities, and complications in total knee arthroplasty accurate? *J Arthroplasty* 2002 September;17(6):767-72.
- (77) Muller-Riemenschneider F, Reinhold T, Berghofer A, Willich SN. Health-economic burden of obesity in Europe. *Eur J Epidemiol* 2008;23(8):499-509.
- (78) Namba RS, Paxton L, Fithian DC, Stone ML. Obesity and perioperative morbidity in total hip and total knee arthroplasty patients. *J Arthroplasty* 2005 October;20(7 Suppl 3):46-50.
- (79) Palmer KT. Occupational activities and osteoarthritis of the knee. *Br Med Bull* 2012 June;102:147-70.
- (80) Partridge JS, Harari D, Dhesi JK. Frailty in the older surgical patient: a review. *Age Ageing* 2012 March;41(2):142-7.
- (81) Patel AD, Albrizio M. Relationship of body mass index to early complications in knee replacement surgery. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008 January;128(1):5-9.
- (82) Platzer W. Untere Extremität, Kniegelenk. *Taschenatlas der Anatomie, 1, Bewegungsapparat*. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York; 1999. p. 206-15.
- (83) Popken F, Munnich U, Rack C, Michael J, König DP, Eysel P. [Treatment course in endoprosthesis knee replacement--a systematic insurance cost

- calculation exemplified by a concrete example]. *Versicherungsmedizin* 2003 June 1;55(2):87-91.
- (84) Reichel H. Alloarthroplastik. In: Kohn D, editor. *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Das Standardwerk für Klinik und Praxis, Knie*. Georg Thieme-Verlag Stuttgart; 2005. p. 412-22.
 - (85) Riede U N, Mohr W, Höpker W-W. Gelenke, Arthrose. In: Riede U N, Schaefer H-E, editors. *Allgemeine und spezielle Pathologie*. Thieme, Stuttgart, New York; 2001. p. 1145-6.
 - (86) Roeder N, Franz D, Siebert H, Frank D, Stucker R, Meiners T, Tempka A, Siebert CH. [Suggestions for implementation of DRG in the fields of Orthopaedics and Trauma Surgery for 2004]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003 July;141(4):379-85.
 - (87) Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, Allison TG, Batsis JA, Sert-Kuniyoshi FH, Lopez-Jimenez F. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obes (Lond)* 2008 June;32(6):959-66.
 - (88) Ronn K, Reischl N, Gautier E, Jacobi M. Current surgical treatment of knee osteoarthritis. *Arthritis* 2011;2011:454873.
 - (89) Samson AJ, Mercer GE, Campbell DG. Total knee replacement in the morbidly obese: a literature review. *ANZ J Surg* 2010 September;80(9):595-9.
 - (90) Schienkiewitz A, Mensink GB, Scheidt-Nave C. Comorbidity of overweight and obesity in a nationally representative sample of German adults aged 18-79 years. *BMC Public Health* 2012;12:658.
 - (91) Schmitt J, Heyse TJ, Schofer MD, Efe T. [Primary hip and knee replacement: time required for surgical training]. *Orthopade* 2011 March;40(3):231-6.
 - (92) Schurmann N, Muller RT. [Primary hip- and knee arthroplasty--comparison of the actual costs with the Australian diagnosis related groups (DRG)-]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2002 November;140(6):589-94.
 - (93) Shane AA, Loeser RF. Why is osteoarthritis an age-related disease? *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010 February;24(1):15-26.
 - (94) Sridhar MS, Jarrett CD, Xerogeanes JW, Labib SA. Obesity and symptomatic osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2012 April;94(4):433-40.
 - (95) Stern SH, Insall JN. Total knee arthroplasty in obese patients. *J Bone Joint Surg Am* 1990 October;72(9):1400-4.
 - (96) Stryker. Take a step closer to natural motion- Interax®. http://www.stryker.fr/st_pdf_interax-isa-brochure-ixa01-1e-11-2.pdf vom 14.11.12. Stryker®; 2000.
 - (97) Stryker. Let's Talk Science - Triathlon®. <http://www.stryker.com/en-us/products/Orthopaedics/KneeReplacement/Primary/Triathlon/005025> vom 29.06.2015. Stryker®; 2006.

-
- (98) Suleiman LI, Ortega G, Ong'uti SK, Gonzalez DO, Tran DD, Onyike A, Turner PL, Fullum TM. Does BMI Affect Perioperative Complications Following Total Knee and Hip Arthroplasty? J Surg Res 2011 June 25.
- (99) Suri P, Morgenroth DC, Hunter DJ. Epidemiology of osteoarthritis and associated comorbidities. PM R 2012 May;4(5 Suppl):S10-S19.
- (100) Swierstra BA, Bijlsma JW, de Beer JJ, Kuijpers T. [Guideline 'Diagnostics and treatment of osteoarthrosis of the hip and knee']. Ned Tijdschr Geneeskd 2009;153:B39.
- (101) van Loon CJ, Pluk C, de Waal Malefijt MC, de KM, Veth RP. The GSB total knee arthroplasty. A medium- and long-term follow-up and survival analysis. Arch Orthop Trauma Surg 2001;121(1-2):26-30.
- (102) von Lengerke T., Reitmeir P, John J. [Direct medical costs of (severe) obesity: a bottom-up assessment of over- vs. normal-weight adults in the KORA-study region (Augsburg, Germany)]. Gesundheitswesen 2006 February;68(2):110-5.
- (103) von LT, Krauth C. Economic costs of adult obesity: a review of recent European studies with a focus on subgroup-specific costs. Maturitas 2011 July;69(3):220-9.
- (104) Ward SA, Parikh S, Workman B. Health perspectives: international epidemiology of ageing. Best Pract Res Clin Anaesthesiol 2011 September;25(3):305-17.
- (105) Weiß C, Rzany B. Basiswissen Medizinische Statistik. 4. Auflage ed. Springer Medizin Verlag Heidelberg; 2008.
- (106) Wendelboe AM, Hegmann KT, Biggs JJ, Cox CM, Portmann AJ, Gildea JH, Gren LH, Lyon JL. Relationships between body mass indices and surgical replacements of knee and hip joints. Am J Prev Med 2003 November;25(4):290-5.
- (107) WHO. Global Database on Body Mass Index, BMI Classification. http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html. 2012.
- (108) Winiarsky R, Barth P, Lotke P. Total knee arthroplasty in morbidly obese patients. J Bone Joint Surg Am 1998 December;80(12):1770-4.
- (109) Wu CH, Cheng RM, Tsai HC, Chang CC, Chang H, Liao CC, Chen TL. How Comorbidities and preoperative expenditures correlate with postoperative adverse outcomes. Am J Manag Care 2012;18(11):e392-e397.
- (110) Zimmer Chirurgie GmbH. Das M/G unikondyläre Knie. <http://www.zimmer-orthopedics.ch/ctl?template=PC&op=global&action=1&id=3122> vom 14.11.12. Zimmer Chirurgie GmbH; 2012.
- (111) Zingg M, Miozzari HH, Fritschy D, Hoffmeyer P, Lübbecke A. Influence of body mass index on revision rates after primary total knee arthroplasty. Int Orthop 2015 November.

7 Publikationen/Dank

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU), Berlin, 2009

Vortrag Dr. med. J. Jung, U. Grün, M. Olk, K. Anagnostakos

Bodymassindex und Comorbidität in der Knieendoprothetik – Werden die Patienten im DRG-System richtig „gewichtet“?

Herzlich bedanken möchte ich mich bei:

Herrn Prof. Dr. med. D. Kohn, dem Direktor der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie am Universitätsklinikum des Saarlandes, für die Überlassung des Themas und die freundliche und wohlwollende Begleitung bei der Erstellung dieser Dissertation.

Herrn Dr. med. J. Jung, meinem Betreuer, für die vielfältige und freundschaftliche Unterstützung - für konstruktive Kritik, Lob und Anregungen und die gewissenhafte Durchsicht meiner Arbeit.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie am Universitätsklinikum des Saarlandes für ihre Hilfsbereitschaft, das freundliche Beantworten zahlreicher Fragen, dem Vermitteln von Ansprechpartnern und Erteilen von Zugangsberechtigungen. Insbesondere gilt mein Dank Frau J. Adamowsky, der DRG-Beauftragten der Klinik, für ihre Erörterungen zur praktischen Anwendung des DRG-Systems.

Herrn Dr. rer. med. Thomas Georg, ehemals Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Medizinische Informatik (IMBEI), für die gute Beratung und seine Erläuterungen beim Erstellen der Statistiken.

Herrn Helmut Klein, Dezernat II – Finanzen/Controlling, für seine Unterstützung beim Verifizieren der im Rahmen der Datenerhebung ermittelten Erlöse.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Hämostaseologie und Transfusionsmedizin für die Bereitstellung ihrer Datenbank zur Erfassung des Verbrauchs an Blutprodukten.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vom Zentrum für Informations- und Kommunikationstechnik für die Hilfestellung beim Umgang mit den elektronischen Daten.

Frau Dr. med. Patricia Diehl, meiner Freundin und Weggefährtin bei der Promotion an der orthopädischen Klinik, für die tolle Motivation und Hilfsbereitschaft beim Vermitteln von Ansprechpartnern während der Erstellung dieser Arbeit.

Frau Dr. rer. nat. Ursula Müller-Vieira, meiner Freundin, für die fundierte Auskunft zum Thema „wissenschaftliche Arbeitsweise“ und Layout sowie der sorgfältigen Durchsicht meiner Arbeit.

Johannes Olk für seine spontane und herzliche Hilfe bei der Anschaffung der Hardware.

Meinen Eltern, meiner Familie und meinen Freunden, für ihre unermüdliche Motivation, ihre vielfältige Unterstützung und ihr Interesse an dieser Arbeit.

Meinem Mann Alexander und meinen Töchtern, für ihre Geduld und Verständnis und insbesondere meinem Mann einen ganz besonderen Dank für die fortwährende, niemals endende Motivation.

Ohne das Engagement der vielen Menschen, die mich auf diesem doch langen Wege begleitet haben, wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

8 Lebenslauf

9 Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis

APT	Aktive Physiotherapie
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body Mass Index
CPM	Continuous Passive Motion
CRP	C-reaktives Protein
DRG	Diagnosis Related Group
EK	Erythrozytenkonzentrat
FFP	Fresh Frozen Plasma
HB	Hämoglobin
ICD	International Classification of Diseases
OP	Operation
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
MRT	Magnetresonanztomographie
SD	Standarddeviation
TEP	Totalendoprothese
TK	Thrombozytenkonzentrat